

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta bezpečnostního inženýrství

Katedra bezpečnostních služeb

Multisenzorový detektor pro bezpečnostní aplikace

Multi Sensor detector for security applications

Student: Vojtěch Mentuz

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Bitala, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce: Ing. Václav Válek

Studijní obor: Technická bezpečnost osob a majetku

Termín odevzdání bakalářské práce: 12. 4. 2019

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta bezpečnostního inženýrství
Katedra bezpečnostních služeb

Zadání bakalářské práce

Student: **Vojtěch Mentuz**
Studijní program: B3908 Požární ochrana a průmyslová bezpečnost
Studijní obor: 3908R005 Technická bezpečnost osob a majetku
Téma: **Multisenzorový detektor pro bezpečnostní aplikace**
Multi Sensor detector for security applications

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Cíl práce:

Návrh, realizace a demonstrace potenciálu multisenzorového detektoru založeného na využití open-source platformy.

Charakteristika práce:

Úvod, charakteristika vybraných prvků technické ochrany, princip funkce, volba komponent, návrh a realizace technického řešení, ověření funkčních vlastností, zhodnocení možného využití.

Seznam doporučené odborné literatury:

FRADEN, Jacob. Handbook of modern sensors: physics, designs, and applications. 4th ed. New York: Springer, c2010. ISBN 978-1-4419-6465-6.
LUKÁŠ, Luděk. Bezpečnostní technologie, systémy a management III. Zlín: Radim Bačuvčík - VerBuM, 2013. ISBN 978-80-87500-35-4.
MARGOLIS, Michael. Arduino cookbook. Sebastopol: O'Reilly, 2011. ISBN 978-0-596-80247-9.
GAGNON, R.M. Design of Special Hazard & Fire Alarm Systems, Delmar Publishers, New York, USA 1997, ISBN 0-8273-8293-6.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Bítala, Ph.D.**

Konzultant bakalářské práce: Ing. Václav Válek

Datum zadání: 15.06.2018

Datum odevzdání: 14.04.2019

Ing. Stanislav Lichorobiec, Ph.D.
vedoucí katedry



doc. Ing. Jiří Pokorný, Ph.D., MPA
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení:

„Místopřísežně prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci vypracoval samostatně.“

V Ostravě dne 8.4.2019

Vojtěch Mentuz



PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- jsem byl/a seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů;
- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava (dále jen VŠB – TUO), dostupná k prezenčnímu nahlédnutí;
- beru na vědomí, že VŠB – TUO má právo nevydělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít v souladu s § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má právo VŠB – TUO na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého VŠB – TUO nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Jméno, příjmení

Vojtěch Mentuz

Dne:

8.4.2019

Podpis:



1) zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47b Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy. Vysoká škola disertační práci nezveřejňuje, byla-li již zveřejněna jiným způsobem.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

(4) Vysoká škola může odložit zveřejnění bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce nebo jejich části, a to po dobu trvání překážky pro zveřejnění, nejdéle však na dobu 3 let. Informace o odložení zveřejnění musí být spolu s odůvodněním zveřejněna na stejném místě, kde jsou zveřejňovány bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce. Vysoká škola zasle bez zbytečného odkladu po obhájení bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce, již se týká odklad zveřejnění podle věty první, jeden výtisk práce k uchování ministerstvu.

2) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

3) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat náhrady chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídně k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

Poděkování:

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu práce panu Ing. Petru Bitalovi, Ph.D., za odborné vedení, cenné rady a připomínky při zpracování mé bakalářské práce.

Anotace

MENTUZ, Vojtěch. *Multisenzorový detektor pro bezpečnostní aplikace*. Bakalářská práce. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, 2019. 56 stran včetně příloh. Vedoucí práce Ing. Petr Bitala, Ph.D.

Bakalářská práce se zabývá návrhem a realizací multisenzorového detektoru, který by mohl mít potenciální využití v bezpečnostních aplikacích. V teoretické části práce jsou popsány nejvyužívanější multisenzorové technologie v systémech technické ochrany. Dále jsou zde charakterizovány open-source vývojové platformy, kdy jedna z nich byla v navrhovaném detektoru použita jako vyhodnocovací jednotka. Praktická část obsahuje charakteristiku použitých komponentů a popis hardwarové a softwarové části detektoru. Na konci praktické části se poté nachází ověření funkčnosti jednotlivých senzorů.

Klíčová slova: detektor, elektrická požární signalizace, Arduino, poplachové zabezpečovací a tísňové systémy, senzor, jednodeskové počítače

Summary

MENTUZ, Vojtěch. *Multi Sensor detector for Security application*. Bachelor thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Safety Engineering, 2019. 56 pages including attachments. Thesis supervisor Ing. Petr Bitala, Ph.D.

Bachelor thesis deals with the design and realization of a multisensor detector, which could have potential use in safety applications. The theoretical part of the work describes the most widely used multisensor technology in technical protection systems. In addition, there are characterized open-source development platforms, where one of them was used as an evaluation unit in the proposed detector. The practical part describes features of used components and contains a description of the hardware and software part of the detector. At the end of the practical part, there is a verification of the functionality of each sensor.

Keywords: detector, fire detection and fire alarm system, Arduino, alarm security and emergency systems, sensor, Single-Board Computer

Obsah

1	Úvod	1
2	Charakteristika vybraných systémů technické ochrany.....	2
2.1	Elektrická požární signalizace.....	2
2.2	Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy	3
3	Multisenzorové technologie	4
3.1	Multisenzorové hlásiče v systémech EPS	4
3.1.1	Bodové hlásiče teplot	5
3.1.2	Optické hlásiče kouře na základě rozptylu	6
3.1.3	Senzor oxidu uhelnatého	7
3.2	Multisenzorové detektory v systémech PZTS.....	8
3.2.1	Pasivní infračervené detektory pohybu	9
3.2.2	Mikrovlnné detektory	11
3.2.3	Ultrazvukové detektory	11
3.2.4	Detektory tříštění skla.....	12
4	Open source vývojové platformy	13
4.1	Arduino	13
4.2	Raspberry PI.....	14
4.3	Intel Galileo.....	14
4.4	Cubieboard5	15
5	Návrh multisenzorového detektoru	16
5.1	Platforma Arduino YÚN	16
5.2	Detekce kouře.....	17
5.3	Detekce pohybu.....	18
5.4	Detekce plynu.....	19
5.5	Napájení	20

5.6	Signalizační zařízení	21
5.7	Mikrospínač.....	21
5.8	Kolébkový přepínač	22
6	Realizace	23
6.1	Hardwarová část.....	23
6.1.1	Napájení.....	23
6.1.2	Zapojení komponentů	24
6.2	Návrh krytu detektoru	25
6.3	Softwarová část	28
6.3.1	Senzor plynu	29
6.3.2	Senzor pohybu	31
6.3.3	Senzor kouře	31
6.3.4	Signalizace poplachu	32
7	Ověření funkčních vlastností.....	35
7.1	Senzor plynu MQ-9.....	35
7.2	Senzor kouře SHARP	37
7.3	Senzor pohybu HC-SR501	38
8	Závěr	40
	Seznam literatury	42
	Seznam obrázků	45
	Seznam příloh	47

1 Úvod

Prvky, které nazýváme senzory, člověk využívá každý den, aniž by si to pokaždé uvědomoval. Senzory mají už desítky let velké využití v mnoha oblastech různých procesů. Jsou využívány pro zajišťování bezproblémového chodu strojů, zařízení či systémů, ale i pro ochranu člověka. Jelikož jde vývoj neustále dopředu, je jejich citlivost vyšší, spolehlivost lepší, rozměry jsou menší a cenově jsou dostupnější.

Úkolem senzorů je zjistit požadovaný parametr, ten převést do podoby elektrického signálu a předat jej dál pro další použití. Může se jednat o senzory tlaku, vlhkosti, teploty, kvality ovzduší, plynu, pohybové senzory, zvukové senzory a další. Tyto prvky mají obrovské využití např. v průmyslu, kde jsou součástí mnoha výrobních strojů, v dopravních prostředcích, pro zajištění bezpečnosti pasažérů či při ochraně objektů pro minimalizaci nebezpečí. Právě v oblasti bezpečnosti osob a majetku jsou senzory využívány pro ochranu před nebezpečnými přírodními živly jako je např. oheň, před úniky toxických, hořlavých či oxidujících plynů nebo před konáním protiprávní činností pachatele.

Na trhu se objevuje mnoho různých společností, které tato zařízení vyvíjejí a zprostředkovávají. Cena těchto zařízení se odvíjí od jejich kvality zpracování, citlivosti, spolehlivosti, ale i podle tržního postavení společnosti, která senzor vyrobila. Nicméně na trhu existuje i tzv. low-cost varianta. Tyto senzory se mohou vyznačovat stejnou kvalitou jako ty komerční, ale s podstatně nižší cenou.

Dnes si lze také pořídit zařízení, která dokáží snímat více podnětů najednou. Nazýváme je multisenzorové detektory. Ty obsahují dva a více senzorů, čímž dostáváme vyšší variabilitu měřených veličin. To poté může vést ke snižování falešných poplachů. Může se jednat např. o spojení detektoru kouře s detektorem oxidu uhelnatého.

Cílem této bakalářské práce je návrh, realizace a demonstrace potenciálu multisenzorového detektoru. Snahou při návrhu a následné realizaci bylo vytvořit prvek, který by s využitím dostupných low-cost komponentů umožňoval vícenásobný monitoring odlišných parametrů. Jako senzorové prvky byly vybrány pohybový senzor, polovodičový senzor plynu a senzor kouře.

První část práce bude obsahovat popis nejvyužívanějších multisenzorových technologií v systémech technické ochrany. V druhé části práce bude obsaženo navržení, realizace a demonstrace funkčnosti multisenzorového detektoru.

2 Charakteristika vybraných systémů technické ochrany

V dnešní době jsou systémy technické ochrany vybaveny různými druhy senzorů, které umožňují monitoring i následné vyhodnocení celé řady fyzikálních nebo chemických parametrů. Tyto systémy jsou běžnou součástí vybavení různých firem, kanceláří, průmyslových objektů, nemocnic a dalších komerčních objektů. Běžně se lze se zabezpečovacími systémy setkávat i v rodinných domech, bytech, garážích či chatách.

Na trhu jsou k dispozici různé typy bezpečnostních systémů, které se od sebe liší kvalitou, podporovanými funkcemi, maximálním počtem připojených periférií či úrovní technologického zpracování, které umožňuje jejich využití v různorodých bezpečnostních aplikacích.

Mezi základní systémy technické ochrany patří:

- elektrická požární signalizace,
- mechanické zábranné systémy,
- poplachové zabezpečovací a tísňové systémy,
- dohledový videosystém,
- systémy kontroly vstupu,
- zařízení pro odvod tepla a kouře

S ohledem na zaměření bakalářské práce, bude v následujících kapitolách věnována pozornost pouze elektrické požární signalizaci a poplachovým a zabezpečovacím systémům. Orientace na tyto dva zástupce systémů technické ochrany souvisí s následným uplatněním vybraných komponent těchto systémů při praktické realizaci multisenzorového detektoru.

2.1 Elektrická požární signalizace

Elektrická požární signalizace (dále jen EPS) je souhrn moderních technologií pro zvýšení požární bezpečnosti staveb. Jsou využívány pro rychlou identifikaci požáru v jeho raném stádiu a k varování osob. Tím dochází k zajištění účinnější evakuace osob, zvířat a k minimalizaci následků požáru na majetku. K samotné detekci požáru jsou využívány různé druhy hlásičů, jejichž signály jsou následně zpracovávány ústřednou EPS. V některých případech mohou být tyto systémy provázány s dalšími systémy jako je např. stabilní hasicí zařízení nebo se zařízením pro odvod tepla a kouře.

Celý systém EPS je tvořen ústřednou, která přijímá a vyhodnocuje elektrické signály z připojených hlásičů. Dále je tvořen tlačítkovými a samočinnými hlásiči, komponenty pro akustickou a optickou signalizaci, kabeláží a dalšími zařízeními. U ústředny musí být zajištěna 24hodinová obsluha, která v případě požáru kontaktuje příslušné jednotky požární ochrany. Pokud tato obsluha není v objektu zajištěna, musí být systém EPS napojen na zařízení dálkového přenosu a na dohledové a poplachové přijímací centrum. Dále jsou v tomto případě systémy doplněny o obslužné pole požární ochrany a klíčový trezor obsahující generální klíč od objektu [4], [17].

2.2 Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy

Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy (dále jen PZTS) tvoří soubor technických prostředků, které slouží k detekci narušení bezpečnosti nebo střežených aktiv a předání této informace pověřené osobě. Informace o narušení může mít podobu zvukového, obrazového či světelného signálu. Systém může být realizován samostatně, nebo může být sjednocen s dalšími systémy např. s dohledovým videosystémem (VSS) nebo se systémem kontroly vstupu (EKV). Obvykle systém tvoří ústředna, detektory, ovládací, indikační, přenosové, koncové a napájecí zařízení. PZTS se využívá ke střežení volných prostor kolem objektu, pláště objektu (např. okna, dveře) a vnitřních prostor. Při narušení střežených prostor je možné zaslat poplašnou zprávu na předem definované telefonní číslo, anebo je možné využít dohledové a poplachové přijímací centrum [13], [17].

Ústředna představuje mozek celého systému PZTS. Jejím úkolem je vyhodnocovat informace z připojených detektorů, které jsou k ní připojené prostřednictvím kabelů. Může se jednat i o bezdrátovou variantu systému, kdy jsou informace do ústředny přenášeny prostřednictvím rádiových vln. Výhodou bezdrátových systémů je snadnější montáž a šetrnost k interiéru v obydlených objektech [13], [17].

Základním prvkem kvalitního systému jsou detektory. Ty reagují na fyzikální změny v prostředí, ve kterém jsou instalovány nebo na neoprávněnou manipulaci se střeženým předmětem. Celý systém je pak ovládán pomocí ovládacích zařízení, prostřednictvím kterých se systém uvádí do stavu střežení, či klidu. Jedná se např. o čtečky nebo klávesnice [13].

3 Multisenzorové technologie

Multisenzorové technologie obsahují v jednom pouzdře kombinaci několika senzorů s odlišným typem detekce. Tato varianta technologií umožňuje vícenásobný monitoring odlišných parametrů. Senzory mohou být mezi sebou logicky propojené. To znamená, že poplach je vyhlášen pouze v případě, kdy dojde ve stanoveném čase k aktivaci obou senzorů současně. Na základě logického propojení dochází ke snížení pravděpodobnosti vzniku planého poplachu. Jejich využití je převážně v problémových a náročných instalačních podmínkách, nebo tam, kde by mohlo mít okolí negativní vliv na samotnou funkci detektoru.

Tento typ technologie je využíván jak v systémech EPS, tak PZTS. V případě systémů EPS je nejčastější spojení bodových opticko – kouřových hlásičů a bodových hlásičů teplot. V systémech PZTS je nejvyužívanější spojení pasivního infračerveného detektoru s mikrovlnným detektorem, ultrazvukovým detektorem nebo detektorem tříštění skla. Dále se na trhu objevuje varianta s kombinací dvou pasivních infračervených detektorů.

V následujících kapitolách budou popsány nejvyužívanější multisenzorové technologie v systémech EPS a PZTS.

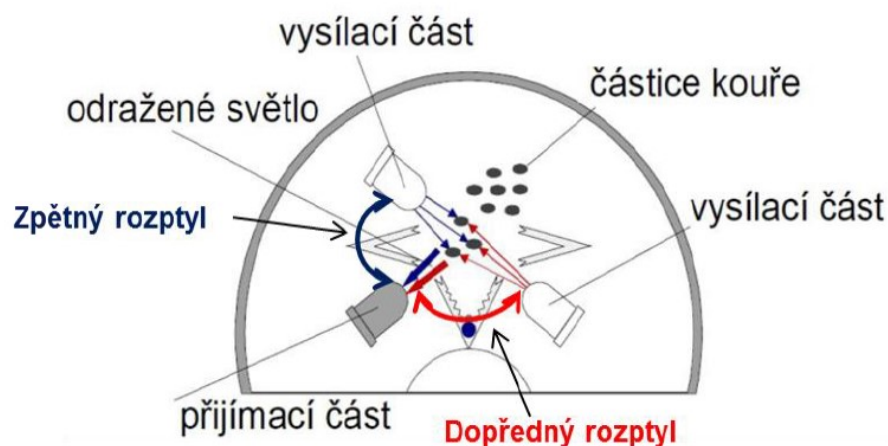
3.1 Multisenzorové hlásiče v systémech EPS

Mezi multisenzorové hlásiče v systémech EPS jsou nejčastěji využívány opticko – teplotní (dále jen OT) hlásiče, které kombinují detekční princip bodových opticko – kouřových hlásičů a bodových hlásičů teplot. Využití dvou alternativ detekce požáru umožňuje hlásiči reagovat jak na požáry provázené produkcí kouře, tak i na požáry, jejichž prvotní průběh je charakteristický spíše rychlou produkcí tepla. OT hlásiče se potom vyznačují zvýšenou spolehlivostí a sníženým počtem planých poplachů [4].

Na trhu se objevuje i varianta označovaná jako OT^{blue}, která místo IR zdroje v optické části využívá modrou LED diodu. Díky kratším vlnovým délkám modré LED diody je možné detekovat i menší částice kouře. Dnes tento druh hlásičů většinou nahrazuje ionizační hlásiče kouře, které využívají pro detekci kouře radioaktivní prvek. OT^{blue} hlásiče jsou vhodné pro detekci požárů kapalin, neviditelných aerosolů, popřípadě do prostorů, v nichž mohou vznikat požáry s velkou produkcí energie [4].

Mezi multisenzorové opticko-teplotní hlásiče lze zařadit rovněž variantu tzv. O²T hlásičů. Princip je založen na vyhodnocování rozptylu dvou IR zdrojů v optické části, kdy dochází k využití dvou rozdílných úhlů rozptylu paprsku. Jde o tzv. využití zpětného

a dopředného rozptylu. Díky této technologii je hlásič schopen reagovat jak na světlý, tak tmavý kouř. O²T hlásiče se využívají pro detekci v objektech, v nichž se předpokládá vliv vnějšího okolí v podobě např. prachu či páry. Princip funkce je znázorněn na Obr. 1 [4].



Obr. 1 - Princip O²T hlásičů

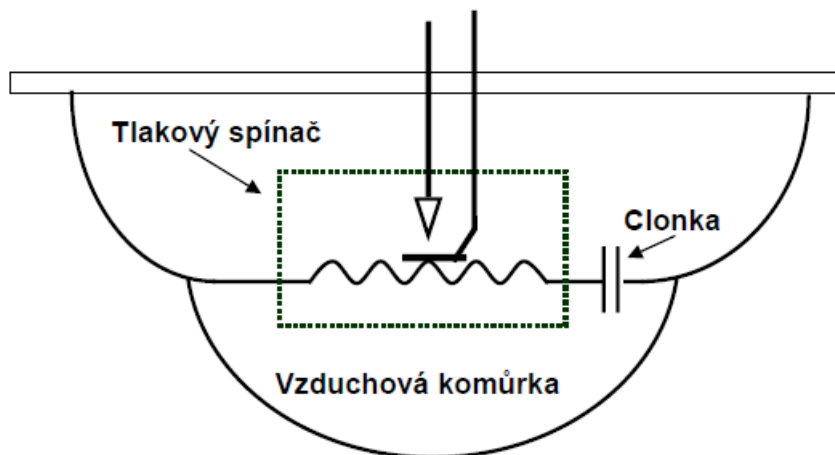
Další konstrukční variantou multisenzorových OT hlásičů jsou tzv. OTG hlásiče. Jedná se o OT hlásiče, u kterých je optická a teplotní část doplněna o senzor plynu, umožňující monitorování zájmové skupiny plynů jako H₂, CO, NO apod. Touto kombinací je pokryto velké spektrum možných scénářů požáru, čímž poskytuje vysoký stupeň spolehlivosti díky minimalizaci falešných poplachů [4].

V následujících podkapitolách budou popsány funkční principy hlásičů, které jsou kombinovány v právě zmiňovaných multisenzorových hlásičích, využívaných v systémech EPS. Jedná se o prvky, které by mohly být následně využity v navrhovaném detektoru.

3.1.1 Bodové hlásiče teplot

Hlásiče teplot patří k nejstarším detekčním prvkům využívaných v systémech EPS. Jejich princip detekce je postaven na měření a vyhodnocení teplotních změn v místě, kde jsou instalovány. Tyto operace jsou prováděny pomocí teplotně elektrického převodníku např. termistoru. Bodové hlásiče můžeme dělit na statické nebo diferenciální, a to díky způsobu vyhodnocování získaného signálu. Statické hlásiče teplot reagují na překročení stanovené maximální hodnoty teploty ve střeženém prostoru, zatím co diferenciální reagují na překročení rychlosti nárůstu teploty [4].

Mechanický princip těchto hlásičů je založen na zahřívání vzduchové komůrky při zvyšující se teplotě ve střeženém prostoru. Tím dochází ke zvětšování objemu tlakového spínače a následnému spojení kontaktů. Mechanický princip je znázorněn na Obr. 2 [5].



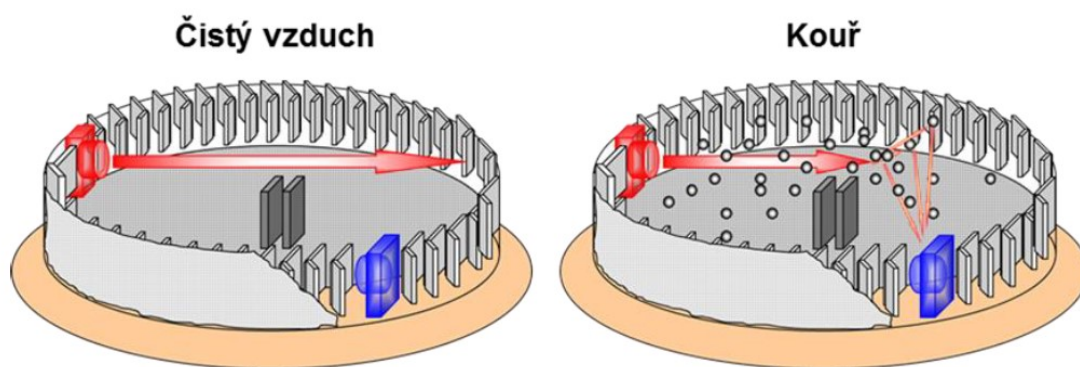
Obr. 2 - Mechanický princip bodových hlásičů teplot

3.1.2 Optické hlásiče kouře na základě rozptylu

Bodové optické hlásiče kouře systému EPS využívají pro detekci požáru vyhodnocování rozptylu optického paprsku, který je generován zdrojem optického záření. Základ hlásiče tvoří detekční komůrka. Ta je tvořena zdrojem záření v podobě buď laserové diody, nebo LED diody pracující nejčastěji v infračervené oblasti. Dále je vybavena optickým přijímačem mnohdy v podobě fotodiody, který je v detekční komůrce hlásiče umístěn mimo optickou osu zdroje. Komůrka je omezena matně černými lamelami, které slouží k zabránění vniknutí okolního světla do detekční komůrky, pro zajištění vyšší spolehlivosti [19].

Při požáru dojde v důsledku průniku požárního aerosolu do detekční komůrky hlásiče k rozptylu infračerveného záření, emitovaného do komory hlásiče IR zdrojem. Část záření poté dopadne na přijímač. Pro zvýšení spolehlivosti pracují detektory v tzv. pulsním režimu, kdy se kontroluje, zda se synchronním vysíláním paprsku dochází k synchronnímu dopadu paprsku na přijímač [19].

Princip funkce detektoru je znázorněn na Obr. 3 [4].



Obr. 3 - Princip optického hlásiče na základě rozptylu

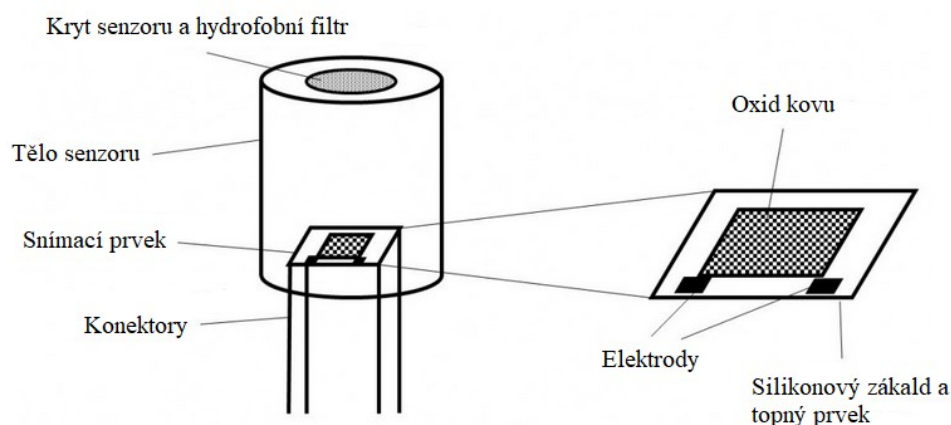
3.1.3 Senzor oxidu uhelnatého

Oxid uhelnatý je jedovatý, bezbarvý plyn bez chuti a zápachu, který vzniká při nedokonalém spalování uhlíkatých materiálů. Jeho toxicita se projevuje na lidském organismu tak, že dochází ke snižování přenosu kyslíku v krvi. Dlouhodobá nebo vysoká expozice CO může vést k dezorientaci, kolapsu, srdečním nepravidlostem, bezvědomí nebo smrti. V domácnostech se oxid uhelnatý může vyskytovat například při požáru, při používání plynových spotřebičů nebo pokud je špatný stav kouřovodů, kdy mohou spaliny vnikat zpátky do místnosti [12], [27].

Detektory plynu zajišťují monitorování míry koncentrace sledovaného plynu v prostoru pro zajištění ochrany života a zdraví osob.

Pro konstrukci detektoru CO se v praxi nejčastěji využívá polovodičových senzorů. Polovodičové plynové senzory reagují na plyn, který přichází do styku s oxidem kovu, kde poté dochází k jeho oxidaci nebo redukci. Destička je zahřívána na teplotu od 200 °C do 400 °C v závislosti na aplikaci. Po absorbování plynu se mění vodivost destičky od známé výchozí hodnoty. Obvykle je změna lineární a proporcionální s koncentrací plynu, a proto lze určit vztah mezi změnou vodivosti a koncentrací plynu. Tyto senzory jsou díky jejich jednoduchosti poměrně levné, ale nevyznačují se vysokou přesností [30].

Senzor oxidu uhelnatého je znázorněn na Obr. 4 [30].

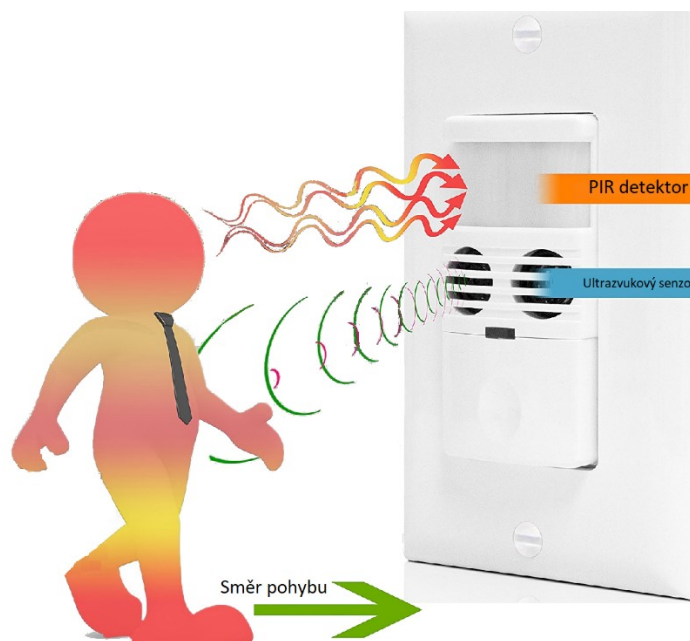


Obr. 4 - Popis senzoru oxidu uhelnatého

3.2 Multisenzorové detektory v systémech PZTS

Do kategorie multisenzorových detektorů v systémech PZTS řadíme tzv. duální detektory, kombinující senzory s odlišným způsobem detekce. Senzory mohou fungovat buď nezávisle na sobě, nebo je poplach vyvolán při přijetí signálu z obou senzorů současně.

Jako první možnost je u duálních detektorů kombinace mikrovlnného detektoru s pasivním infračerveným detektorem (dále jen PIR). Tato kombinace je vhodná do problémových prostor, kde jsou vysoké nároky na odolnost proti falešným poplachům. Mikrovlnný detektor detekuje pohyb pomocí změny amplitudy vyslaného signálu na základě Dopplerova jevu, zatímco PIR detektor detekuje pohyb pomocí infračerveného záření emitované lidským tělem. Poplach je pak signalizován v případě, když přijde signál z obou detektorů současně. Touto kombinací dochází např. k eliminaci falešných poplachů způsobených prouděním teplého vzduchu, který dokáže aktivovat PIR detektor, ale mikrovlnná složka zůstane neaktivní. Tím je docíleno snížení vzniku falešných poplachů ve střeženém prostoru. Podobnou alternativou kombinace pohybových detektorů je využití PIR detektoru spolu s ultrazvukovým detektorem viz Obr. 5 (převzato a upraveno z [10]) [24].



Obr. 5 - Kombinace PIR detektoru a ultrazvukového detektoru

Dále jsou na trhu k dispozici duální detektory kombinující PIR detektor a detektor tříštění skla. Ačkoli jsou obsaženy v jednom pouzdře, jejich funkce není logicky provázaná (fungují nezávisle na sobě). Kombinace PIR detektoru a detektoru tříštění skla je využívána pro usnadnění montáže zabezpečovacího systému např. tam, kde není možné umístit dva nezávislé detektory do rozdílných míst.

Jako poslední varianta je kombinace dvou PIR detektorů, která umožňuje rozdělení střeženého prostoru na dvě horizontální zóny.

V následujících podkapitolách budou popsány funkční principy senzorů, které jsou kombinovány ve zmiňovaných multisenzorových detektorech, využívaných v systémech PZTS. Jedná se o detektory, které by mohly být následně využity v navrhovaném detektoru.

3.2.1 Pasivní infračervené detektory pohybu

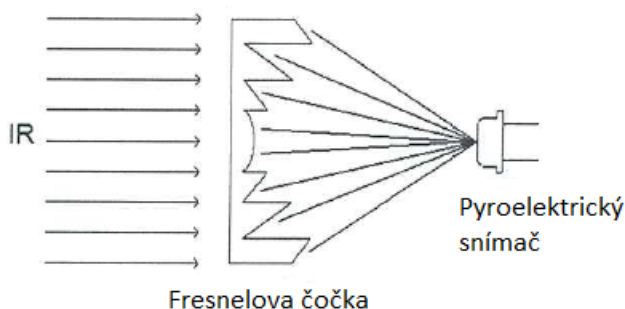
Pasivní infračervené detektory pohybu (dále jen PIR) jsou nejvyužívanější detekční prvky v oblasti ochrany majetku, automatizaci a v systémech inteligentních budov. PIR je zařízení, které vyhodnocuje dopadající infračervené záření na detektor. Jako snímací prvek je zde použit pyroelektrický snímač reagující na záření, které emituje lidské tělo o vlnové délce $9,34 \mu\text{m}$. Jedná se o pasivní detektor, který do prostředí nevyzařuje žádnou energii, pouze energii přijímá [18], [11].

Tyto detektory mají výhodu v tom, že jsou konstrukčně nenáročné, cenově dostupné a mají nízkou spotřebu energie. Další výhodou je, že se vzájemně neovlivňují, tudíž se jejich detekční charakteristiky mohou překrývat [18].

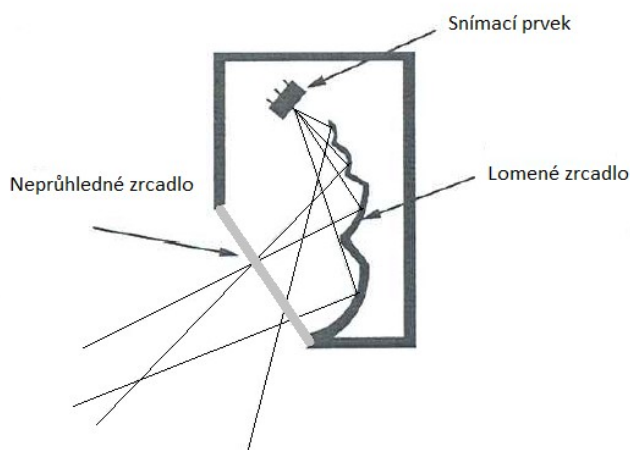
Nevýhodou těchto prvků je, že mohou reagovat na pohyb zvířat, žaluzií, závěsů, či na sluneční světlo, a tudíž vyhlásovat plané poplachy [18].

Jako detekční prvek je u PIR detektorů využit pyroelektrický senzor, což je polovodičová součástka zkonstruována z prvků citlivých na infračervené záření (lithium, tantal). Při dopadu záření na snímač (Obr. 6 [18]), dojde k nábojové změně na elektrodách z důvodu polarizace molekul a akumulace elektrického náboje [18].

Další důležitou částí je pak optický systém, který je tvořen soustavou fresnelových čoček nebo členěného parabolického zrcadla. Čočka je umístěná tak, aby byl pyroelektrický přijímač přímo v ohnisku čočky. Jsou vyráběné většinou z plastu a jejich výroba je jednoduchá a levná. Druhou variantou je tzv. soustava lomených zrcadel (viz Obr. 7 [18]). Výhodou u tohoto druhu optického systému jsou jeho lepší optické vlastnosti, ale naproti tomu jsou dražší.



Obr. 6 - Soustředování infračerveného záření na snímač



Obr. 7 - PIR detektor se soustavou lomených zrcadel

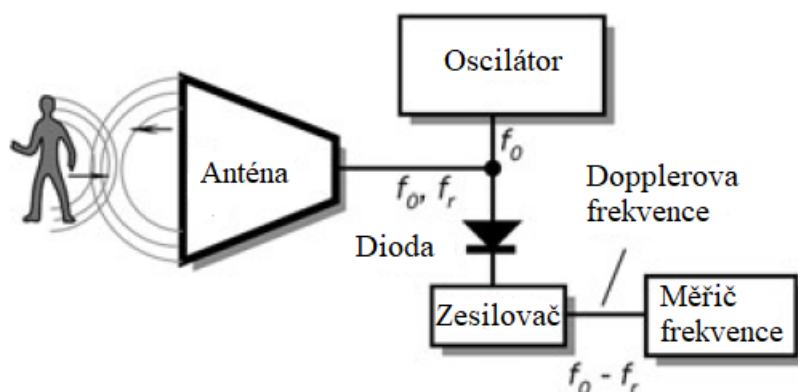
3.2.2 Mikrovlnné detektory

Mikrovlnné detektory jsou vhodnou alternativou pohybových detektorů, využitelných v pokrytí velkých ploch. Výhodou je, že mohou pracovat v širším teplotním rozmezí a pod vlivem silných interferencí jako je vítr, akustický šum, mlha, prach, vlhkost apod. Tyto detektory patří k tzv. aktivním detektorům, což znamená, že do chráněného prostoru vyzařují impulsy elektromagnetické energie [11].

Princip funkčnosti mikrovlnného detektoru spočívá v záření elektromagnetických vln směrem k chráněné oblasti. Vlny se pak odráží od okolních objektů a jsou zpátky přijímány detektorem. Poté dochází k vyhodnocování změn amplitudy přijímaného signálu na základě Dopplerova jevu. Časové zpoždění mezi odeslaným (pilotním) signálem a přijatým odraženým signálem udává vzdálenost k objektu. Změna frekvence je poté využita pro měření rychlosti pohybu objektu. Pracovní frekvence těchto detektorů se pohybuje v pásmu v rozsahu 9–11 GHz. Detektor má přijímač i vysílač umístěný v jednom krytu [11].

Nevýhodou těchto detektorů je náchylnost na plané poplachy při detekci nechtěného pohybu, jako je např. pohyb zvířat, stromů apod.

Princip funkčnosti mikrovlnných detektorů je znázorněn na Obr. 8 [11].



Obr. 8 - Princip funkčnosti mikrovlnného detektoru

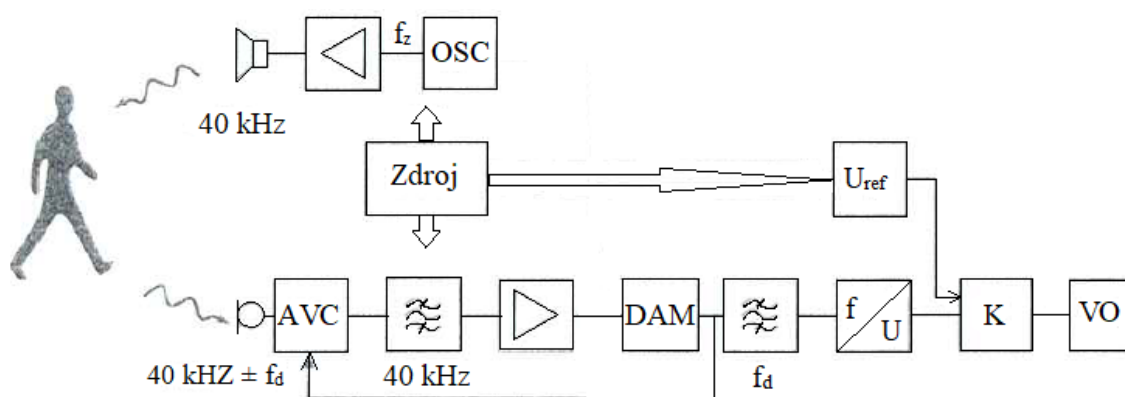
3.2.3 Ultrazvukové detektory

Dalším způsobem detekce pohybu v prostoru je využití ultrazvukových detektorů. Ultrazvukové vlny jsou mechanické akustické vlny, jež jsou vysílány do chráněného prostoru. Pracovní frekvence se pohybuje v rozsahu 20–45 kHz. Jedná se o frekvenci, která je mimo rozsah slyšitelnosti lidských uší. Nicméně tyto frekvence mohou být vnímány

menšími zvířaty, jako jsou psi, kočky, hlodavci apod. Pro detekci pohybu se využívá Dopplerova jevu, kdy dochází ke změně amplitudy signálu [11],[20].

Zařízení se skládá z vysílače a přijímače. Ty mohou být umístěny buď v jednom krytu, nebo mohou být prostorově oddělené. Signál je generován oscilátorem, kde je zesílen a vyslán s konstantní frekvencí a amplitudou. Vyslaný signál se poté odrazí v prostoru od objektů a je zpátky přijímán mikrofonom, v němž dochází k přeměně signálu na elektrický signál a přes obvod automatického vyrovňování citlivosti (AVC) je převeden na vstup filtru. Úkolem filtru je odstranit rušící signály přijaté mikrofonom. Následně je signál amplitudově demodulován v obvodu DAM. Nízkofrekvenční signál, odpovídající dopplerově rozdílové frekvenci je nato filtrován pásmovou propustí, která je naladěná na dopplerovu frekvenci. Získaný nízkofrekvenční signál je dále zpracován v f/U převodníku a v komparátoru porovnán [20].

Blokové schéma ultrazvukového detektoru je vyobrazen na Obr. 9 [20].



Obr. 9 - Blokové schéma ultrazvukového detektoru

3.2.4 Detektory tříštění skla

Jedná se o detektory vyhodnocující charakteristický akustický efekt při a po rozbití skla v chráněném prostoru. Vyhodnocuje rázovou vlnu o nízké frekvenci (3–300 Hz), která je generována při úderu do skleněné plochy a zvuk tříštění skla o vysoké frekvenci (12–15 kHz). Zvuky z okolí senzor přijímá za pomoci vysoce citlivého mikrofону. Signál je následně přefiltrován, zesílen a analyzován. Detektor se obvykle montuje na strop či stěnu naproti chráněnému sklu a je schopen střežit více skleněných ploch najednou [5].

4 Open source vývojové platformy

Open source vývojová platforma známá i pod názvem jednodeskový počítač (Single-Board Computer), je platforma, která je sestavena na jediné obvodové desce obsahující paměť, vstupy a výstupy, mikroprocesor a všechny další nezbytné prvky. Tyto počítače se vyznačují vysokou spolehlivostí, malými rozměry, nízkou energetickou náročností a cenovou přijatelností, jelikož je zde snížený počet použitých obvodových desek a konektorů [29].

Počítače mají v praxi různé využití na základě jejich výkonnostních parametrů. Výkonnější varianty se používají v oblasti řízení procesů, jako jsou komplexní robotické systémy nebo procesorově náročné aplikace. Levnější varianty jsou pak využívány programátory k vytváření zajímavých projektů v oblasti mikrokontrolerových aplikací za využití nejrozličnějších vstupních či výstupních periférií. S jednodeskovými počítači se dnes setkáváme i ve školách při výuce výpočetní techniky. Mezi nejznámější představitele těchto počítačů patří Arduino, Raspberry PI, Orange PI, Cubieboard, Espressiv, Intel Galileo a další [29].

Na trhu jsou k dispozici desítky těchto jednodeskových počítačů, které jsou navrhovány jak velkými výrobci, tak méně známými. V příštích kapitolách budou charakterizovány pouze vybrané jednodeskové počítače, jež by mohly být z hlediska ceny a vybavení využity při sestavování navrhovaného detektoru.

4.1 Arduino

Platforma Arduino je jeden z možných druhů jednodeskového počítače, založena na uživatelsky jednoduchém prostředí. Slouží k vytváření interaktivních projektů, a to jak pro začátečníky, tak pro zkušené programátory. Jedná se o malý počítač, který díky připojeným senzorům dokáže vnímat různé podněty a popřípadě na ně reagovat. Mezi hlavní výhody této platformy patří její jednoduchost, nízká cena a množství vstupních či výstupních zařízení, která lze na platformu připojit. Deska funguje na bázi cyklického opakování nahrátého kódu. Proto je vhodná např. pro sběr dat z připojených senzorů [6].

Arduino produkuje na trh několik typů vývojových desek, které se od sebe liší výkonem, velikostí, počtem přípojných pinů apod. Platformy se programují v jazyce C nebo C++. Vývojové prostředí, ve kterém se deska programuje, se nazývá Arduino IDE, založené

na prostředí Processing. Je jednoduché pro začátečníky, ale zároveň disponuje dostatečnou flexibilitou pro náročnější uživatele [6].

4.2 Raspberry PI

Raspberry PI je komplexnější a výkonnější low-cost varianta jednodeskového počítače, která byla navržena pro výuku výpočetní techniky a programování v jazyce Scratch a Python. Díky malým rozměrům a nízké pořizovací ceně se zařízení rozšířilo mezi vývojáře a nadšence elektroniky pro vytváření složitějších projektů, které vyžadují víc, než dokáží nabídnout základní mikrokontroléry jako např. Arduino [31].

Zařízení funguje na operačním systému Raspbian, což je optimalizovaný operační systém Linux přímo pro Raspberry PI. Jedná se o open-source hardware, s výjimkou primární čipu Broadcom SoC, na kterém běží další komponenty, jako je procesor, grafický procesor, paměť nebo řadič USB [31].

Deska obsahuje HDMI konektor pro připojení externího monitoru a USB konektory pro připojení myši a klávesnice.

Jeden z možných modelů Raspberry Pi je zobrazen na Obr. 10 [26].



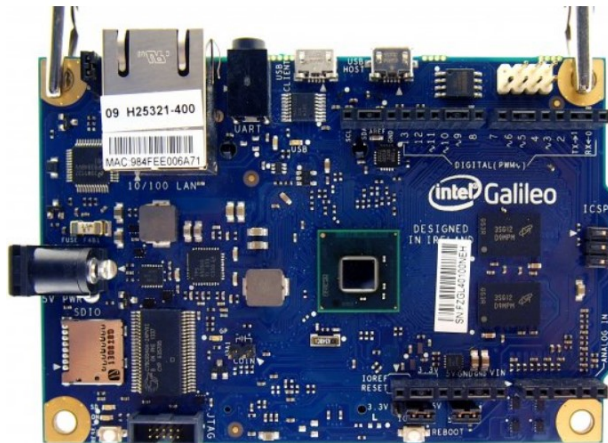
Obr. 10 - Raspberry Pi 3 model B

4.3 Intel Galileo

Jedná se o jednodeskový počítač, který je vybaven technologií Intel® Quark™ SoC X1000, základní deskou s kapacitou až 8 MB a pamětí RAM o velikosti až 256 MB. Zařízení je vybaveno VLAN portem, portem USB 2.0, slotem pro MicroSD kartu a sériovým portem RS232. Tato platforma pracuje na operačním systému Linux. Intel Galileo je plně

kompatibilní s deskami Arduino, a to jak hardwarově, tak softwarově. Nechybí zde ani podpora využití prostředí Arduino IDE [14].

Deska Intel Galileo je zobrazena na Obr. 11 [14].

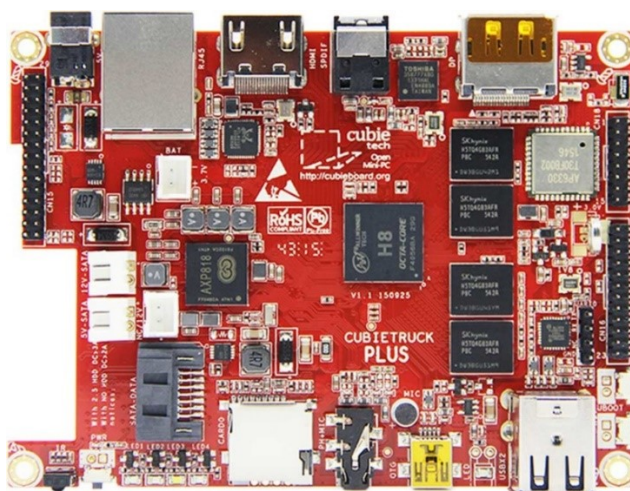


Obr. 11 - Intel Galileo

4.4 Cubieboard5

Cubieboard5 je 5. generací série jednodeskových počítačů firmy Cubieboard Limited Company. Podporuje operační systémy např. Android nebo Ubuntu. Na desce je možné najít dva USB porty, slot pro MicroSD kartu, HDMI pro obrazový výstup, konektor pro připojení sluchátek apod. Deska je vybavena procesorem ARM® Cortex™-A7 a 2 GB RAM pamětí [8].

Jednodeskový počítač Cubieboard5 je zobrazen na Obr. 12 [8].



Obr. 12 - Cubieboard5

5 Návrh multisenzorového detektoru

Pro praktickou realizaci multisenzorového detektoru bylo využito jednodeskového počítače (SBC) Arduino YÚN, optického senzoru kouře, senzoru plynu reagujícího na oxid uhelnatý a pasivního infračerveného senzoru pohybu. Pro napájení multisenzorového detektoru elektrickou energií byl využit akumulátor o kapacitě 2 200 mAh s výstupním napětím +5 V. K zajištění akustické signalizace byl do detektoru implementován piezobzučák typu SFM-27B. Seznam použitých komponentů je uveden v Tab. 1.

Tab. 1 - Seznam použitých komponentů

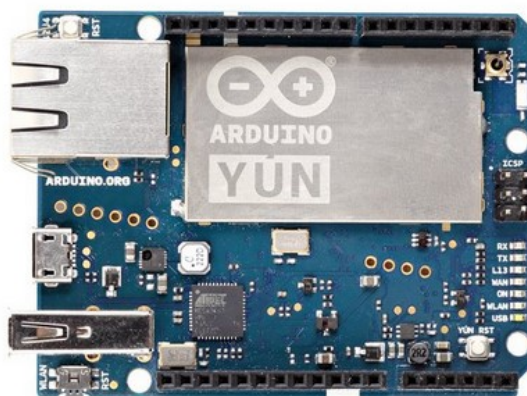
Komponent	Počet kusů
Arduino YÚN	1
Optický senzor SHARP	1
Pohybový senzor HC – SR501	1
Senzor oxidu uhelnatého MQ-9	1
Piezobzučák SFM-27B	1
Akumulátor 2 200 mAh	1
Mikrospínač	1
Kolébkový přepínač	1
Rezistor 150 Ω	1
Rezistor 10 k Ω	1
Kondenzátor 220 μ F	1

5.1 Platforma Arduino YÚN

Jako vyhodnocovací jednotka celého detektoru byla zvolena platforma Arduino YÚN. Deska je osazena mikrokontrolérem ATmega32u4 a čipem Atheros pro bezdrátovou komunikaci. Dále je vybavena 64 MB pamětí RAM a 16 MB pamětí flash. U tohoto typu desky je umožněno nakonfigurovat připojení k internetu prostřednictvím softwaru Linino, který pracuje na operačním systému Linux. Výhodou platformy Arduino YÚN je poté možnost její komunikace přes WI-FI síť nebo ethernetový kabel. Do desky je implementován konektor pro USB 2.0, slot pro použití MicroSD karty a micro USB 2.0, který je využíván pro napájení desky. Osahuje celkem 20 vstupů/výstupů pro připojení různých vstupní či výstupních periférií, z toho sedm jich lze použít jako analogových.

Připojené periférie lze napájet z pinů 3,3 V a 5 V. Cena této desky se pohybuje okolo 1 937,- Kč [2].

Deska Arduino YÚN je zobrazena na Obr. 13 [3].



Obr. 13 - Deska Arduino YÚN

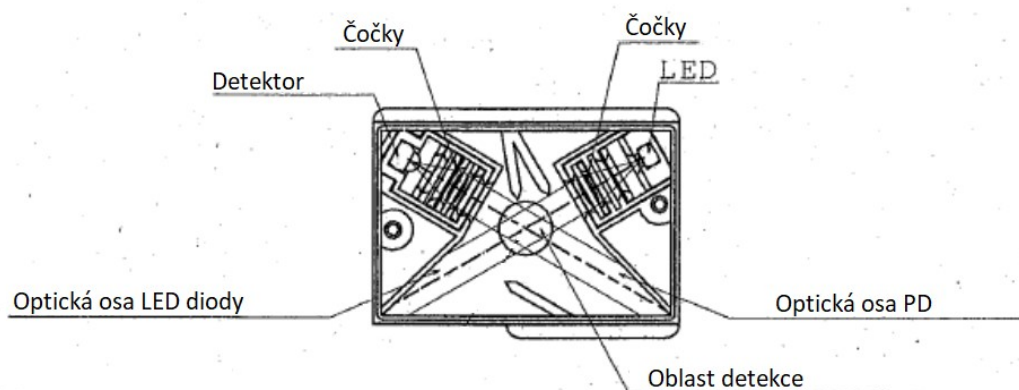
5.2 Detekce kouře

Pro zajištění detekce kouře byl vybrán senzor kouře značky Sharp typu GP2Y1010AU0F viz Obr. 14. Senzor funguje na principu bodové optické detekce. Detailní popis principu bodových optických hlásičů lze nalézt v kapitole 3.1.2. Jeho rozměry jsou 40 x 30 x 17,6 mm. Napájecí napětí je 5 V DC, provozní teplota je v rozmezí od -10 °C až po 65 °C. Cena snímače je 257,- Kč [22].



Obr. 14 - Optický detektor Sharp

V senzoru je umístěna LED dioda a fotodioda. Jejich optické osy se kříží v oblasti detekce, viz Obr. 15 [1]. Přítomnost kouře je vyhodnocována na základě změny hodnoty výstupního napětí. Ta je závislá na přítomnosti a množství rozptylujících částic v prostředí detekční komůrky senzoru, kdy se s jejich vzrůstajícím množstvím hodnota výstupního napětí zvyšuje. Za běžných podmínek se výstupní napětí pohybuje okolo 0.8 V. Maximální hodnota výstupního napětí při detekci kouře je 3.7 V. Napětí na výstupu se objevuje i v případě, kdy se kouř v oblasti detekce nevyskytuje. To je způsobeno částečným dopadem světla produkovaného LED diodou na fotodiodu i za podmínek, kdy se v detekční oblasti žádný kouř nevyskytuje. Zařízení je po zapnutí připraveno k použití do jedné sekundy [1].



Obr. 15 - Schéma senzoru kouře

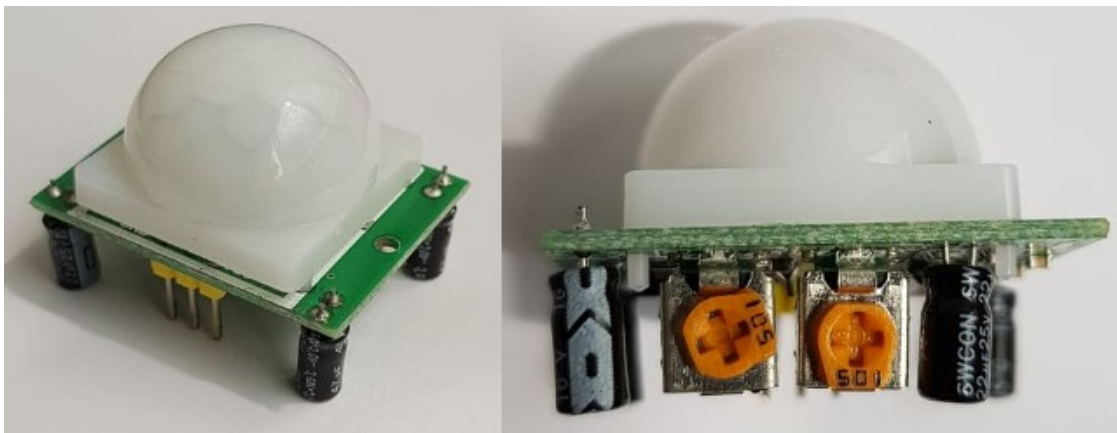
5.3 Detekce pohybu

Pro detekci pohybu byl při konstrukci multisenzorového detektoru využit pasivní infračervený pohybový senzor typu HC – SR501 (viz Obr. 16), který dokáže rozpoznat pohyb díky dopadu emitovaného infračerveného záření na senzor. Na základě této funkce je možno modul využít pro vyhlášení poplachu při detekování pohybu ve střeženém prostoru nebo např. pro automatické spínání světel v různých částech objektu. Senzor je kompatibilní jak s platformami Raspberry PI, tak Arduino.

Na spodní straně zařízení lze libovolně nastavovat citlivost a časování pomocí dvou trimrů. Vyhodnocování pohybu v prostoru je založeno na změně výstupního napětí. Pokud senzor nezaznamenal v prostoru žádný pohyb, výstupní napětí má hodnotu 0 V. V opačném případě se na výstupu objeví hodnota napětí 3,3 V. Cena PIR senzoru je 75,- Kč [25].

Specifikace senzoru:

- Doba reakce: 0,2 s [25],
- Úhel senzoru: 100° [25],
- Provozní teplota: -15 °C až 70 °C [25],
- Dosah snímání: 7 m [25],
- Napájení: 5 až 12 V DC [25],
- Proud: 65 mA [25],
- Výstupní logika: 3,3 V / 0 V [25],
- Rozměry: 32 x 24 [25]



Obr. 16 - PIR HC – SR501

5.4 Detekce plynu

Pro detekci plynu byl využit senzor oxidu uhelnatého MQ-9. Jedná se o univerzální senzor pro detekci oxidu uhelnatého a dalších hořlavých plynů, jako je propan nebo metan. Obsahuje polovodičový snímač s tenkou vrstvou SnO_2 , která má za běžných podmínek nízkou vodivost. Plyn je detekován na základě změny odporu vrstvy SnO_2 , jenž se v případě výskytu daných plynů zvyšuje. Pro správnou funkci je nutné nechat senzor zahřát na provozní teplotu. Je kompatibilní se všemi vývojovými platformami, jako jsou Arduino, Genuino a další. Cena senzoru MQ-9 je 121,- Kč [7]. Senzor je zobrazen na Obr. 17.

Specifikace senzoru:

- Čip: LM393 [7],
- Pracovní napětí: 5 V DC [7],
- Proud 150 mA [7],
- Výstupní signál: 0,1 – 4 V [7],
- Výstupní TTL signál: 0,1 nebo 5 V [7],

- Detekovatelná koncentrace CO: 10 – 1 000 ppm [7],
- Detekovatelná koncentrace hořlavých plynů: 100 – 10 000 ppm [7],
- Doba zahřívání: 20 s [7],
- Rozměry: 36 x 24 x 22 mm [7]



Obr. 17 - Senzor oxidu uhelnatého MQ – 9

5.5 Napájení

Pro napájení detektoru elektrickou energií byl použit akumulátor produkující výstupní napětí +5 V a výstupní proud 1 A. Kapacita akumulátoru je 2 200 mAh. Jedná se o lithiovou baterii, která se dobíjí za pomoci USB portu. Kryt má rozměry 94 x 22 x 22 mm. Cena je přibližně 150,- Kč. Akumulátor je znázorněn na Obr. 18.



Obr. 18 - Akumulátor

5.6 Signalizační zařízení

Pro zajištění akustické signalizace v případě poplachu byl využit piezobzučák typu SFM-27B. Vstupní napětí je v rozmezích 6–24 V. Proudový odběr je 15 mA. Bzučák je schopen vydávat akustický signál o intenzitě až 92 dB. Cena bzučáku je 19,- Kč [23]. Piezobzučák je zobrazen na Obr. 19.



Obr. 19 - Piezobzučák SFM-27B

5.7 Mikrospínač

Pro spouštění detekce a zrušení poplachu byl využit jednopólový mikrospínač ON-FFF. Jeho jmenovité napětí je 12 V a jmenovitý proud je 50 mA. Rozměry jsou 6 x 6 mm a délka hmatníku je 7 mm. Cena mikrospínače je 2,- Kč [21]. Součástka je zobrazena na Obr. 20.



Obr. 20 - Mikrospínač 6x6x7 mm

5.8 Kolébkový přepínač

Pro vypínání a zapínání detektoru byl využit jednopólový kolébkový přepínač s aretací. Konstrukční provedení přepínače umožňuje jeho upevnění do panelu. Hodnota jmenovitého napětí je 250 V a jmenovitý proud je 1 A. Cena součástky je 4,- Kč [16]. Přepínač je zobrazen na Obr. 21.



Obr. 21 - Kolébkový přepínač

6 Realizace

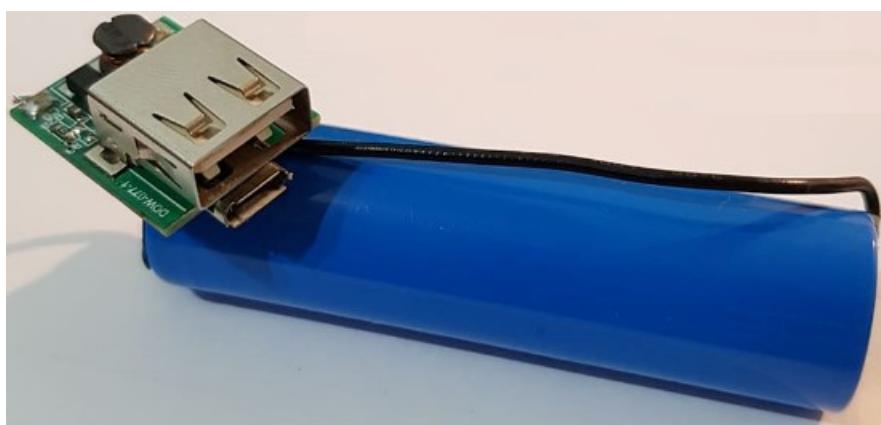
V této kapitole bude objasněno samotné hardwarové zapojení všech použitých komponentů a vlastní mechanické zpracování detektoru. Dále zde bude charakterizována softwarová část, která bude popisovat jednotlivé části programu nahraného do SBC Arduino.

6.1 Hardwarová část

Výše popsané periferie v podobě jednotlivých senzorů byly k SBC Arduino připojeny v souladu s požadavky technické specifikace, které lze nalézt např. na webových stránkách Arduina [15]. Z důvodů připojení více komponentů k SBC Arduino, bylo podle potřeby příslušné zapojení senzorů poupraveno, zejména ve využití jiných digitálních pinů. Přesné zapojení je poté graficky zobrazeno v příloze 1.

6.1.1 Napájení

Arduino YÚN vyžaduje vstupní napětí + 5 V. Proto byl pro napájení celého systému využit akumulátor s kapacitou 2 200 mAh, se jmenovitým výstupním napětím +5 V a maximální hodnotou výstupního proudu 1 A. Akumulátor je spojen s deskou Arduino za pomoci USB kabelu, který byl doplněn o kolébkový přepínač. Všechny připojené senzory jsou poté napájeny z SBC Arduina prostřednictvím pinu 5V. Z důvodu velkých rozměrů vnějšího krytu akumulátoru, bylo nutné baterii spolu s modulem pro nabíjení vyjmout (vyjmutá baterie je zobrazena na Obr. 22). Baterie je uložena ve spodní části krytu detektoru.



Obr. 22 - Vyjmutá lithiová baterie s modulem

6.1.2 Zapojení komponentů

Pohybový senzor HC – SR501 je zapojen pomocí tří vodičů. Pin Vcc na senzoru je připojen na pin +5 V na desce Arduina. Pin GND je poté připojen na pin GND na desce a pin OUT je připojen na digitální pin č. 6.

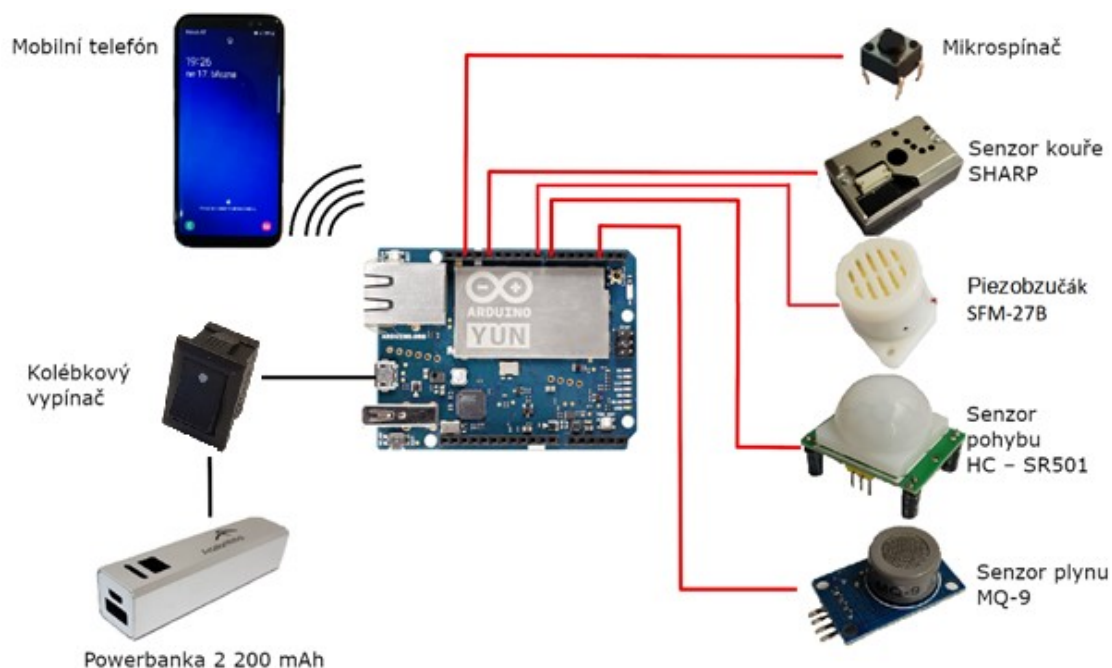
Pro správné zapojení optického senzoru kouře SHARP je nutné připojit k desce Arduino celkem šest vodičů. Vodič č. 1 je zapojen přes rezistor R1 o velikosti 150 Ω na pin +5 V desky Arduina. Vodič č. 2 je poté zapojen na pin GND. Vodič č. 3 je zapojen na digitální pin č. 13. Vodič č. 4 je také připojen na pin GND. Vodič č. 5 je připojen na analogový pin A0. Poslední vodič č. 6 je zapojen na pin +5 V. Mezi vodičem č. 1 a pinem GND je zapojen kondenzátor C1 o kapacitě 220 μF .

Senzor plynů MQ-9 je zapojen do desky Arduina celkem čtyřmi vodiči. Pin Vcc na senzoru je propojen s pinem +5 V na desce Arduina a pin GND na senzoru je propojen s pinem GND na desce. Pin D0 je propojen s digitálním pinem č. 1, který slouží jako přerušovací. Pin A0 je připojen na analogový pin A1.

Dále je k desce připojen mikropínač za pomoci tří vodičů. Pin Ucc je zapojen na pin +5 V desky. Jeden pin GND je zapojen na GND desky přes rezistor R2 o velikosti 10 k Ω , druhý GND pin je připojen na digitální pin č. 11 na desce.

Piezobzučák je připojen k desce Arduino za pomoci dvou vodičů. Červený vodič je připojen k digitálnímu pinu č. 8 a černý vodič k pinu GND.

Zjednodušené schématické zapojení všech použitých periférií je zobrazeno na Obr. 23 (pro vytvoření schématického zapojení byl využit Obr. 13 [3]). Detailní blokové schéma s přesným zapojením všech komponent, se pak nachází v příloze 1.

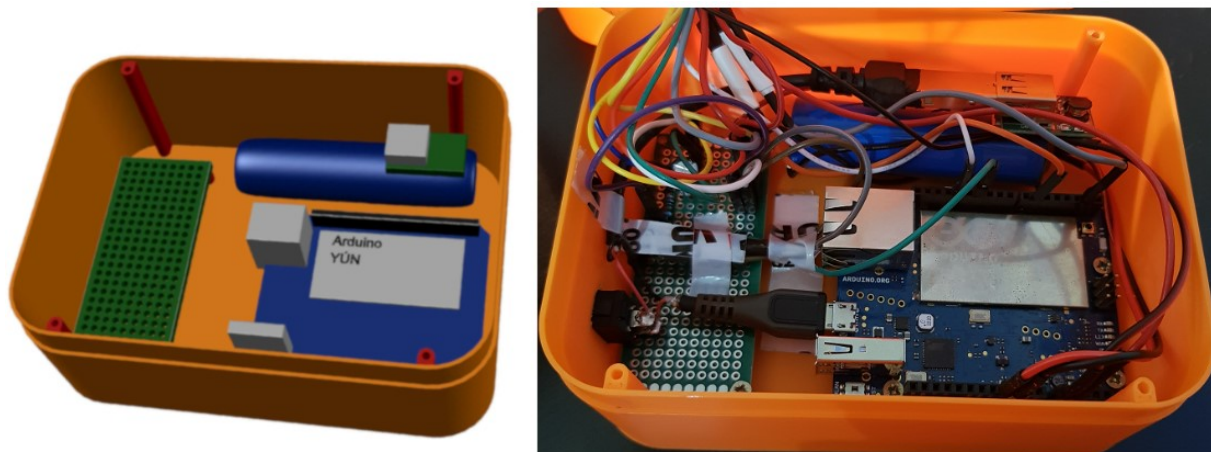


Obr. 23 - Schéma zapojení periférií

6.2 Návrh krytu detektoru

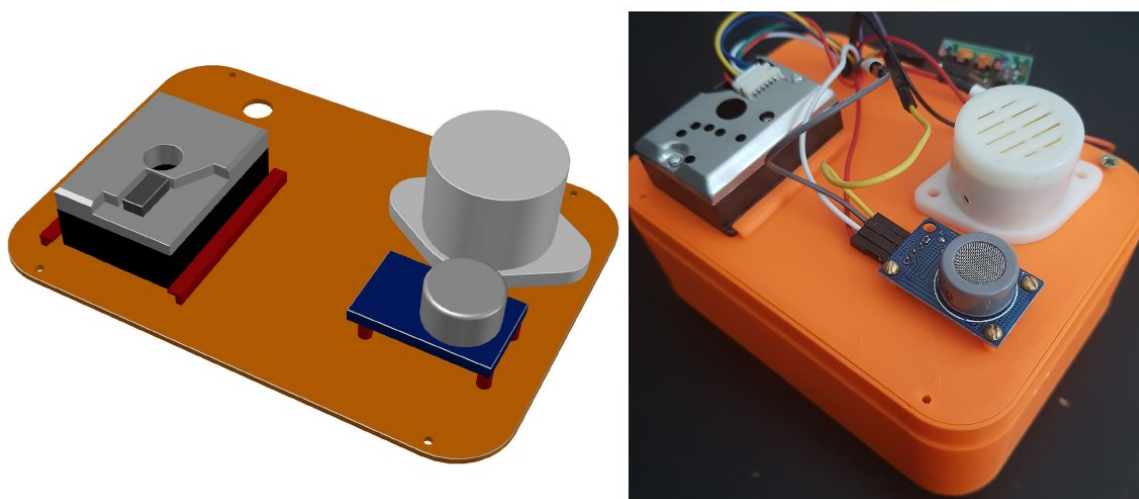
Návrh krytu pro multisenzorový detektor byl vymodelován v programu AutoCAD a následovně vytištěn na 3D tiskárně z PLA filamentu. Kryt se skládá z celkem tří částí a jeho rozměry jsou 127 x 92 x 77 mm.

Spodní díl krytu slouží k upevnění desky Arduina, akumulátoru a pájivé plošné desky o rozměrech 30 x 70 mm, na které jsou připájeny potřebné kondenzátory, rezistory a příslušné vodiče senzorů. Pro upevnění Arduina a plošné desky byly ve spodní části krytu navrženy distanční sloupky o výšce 5 mm. Další čtyři distanční sloupky byly navrženy po okrajích dílu pro spojení střední části krytu se spodní (viz červeně vyznačené sloupky na Obr. 24). 3D vizualizace spolu s finální podobou spodního dílu je zobrazena na Obr. 24.



Obr. 24 - 3D vizualizace a finální podoba spodní části krytu

Střední díl krytu slouží k připevnění senzoru kouře SHARP, senzoru plynu MQ-9 a piezobzučáku. Zároveň slouží k oddělení vyhodnocovací jednotky detektoru od části, kde dochází k vniknutí kouře a sledovaných plynů. Pro upevnění senzoru plynu byly navrženy čtyři distanční sloupky o výšce 5 mm. K pevnému uchycení senzoru kouře slouží dvě ližiny, mezi které se senzor zasunul. Vedle senzoru plynu je následně připevněn piezobzučák za pomoci dvou šroubků. Na středním krytu je dále navržena průchodka pro vodiče spojující komponenty s SBC Arduino. Na okrajích se poté vyskytují čtyři otvory sloužící k uchycení střední části krytu ke spodní. Rozměry spodní části jsou 123 x 88 x 1.5 mm. 3D vizualizace spolu s finální podobou středního dílu je zobrazena na Obr. 25.



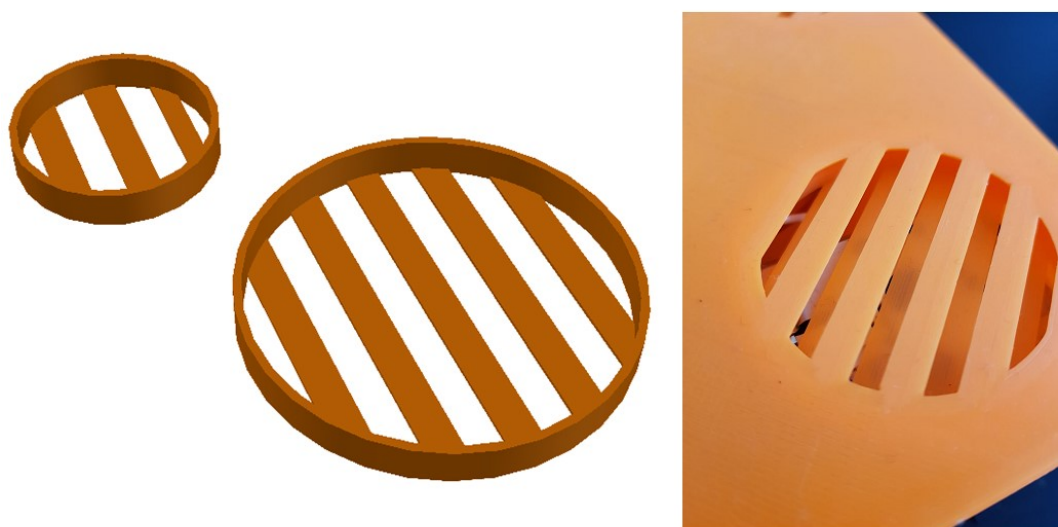
Obr. 25 - 3D vizualizace a finální podoba střední části krytu

Vrchní část krytu slouží k pevnému uchycení senzoru pohybu HC – SR501 a k celkovému uzavření krytu. Část obsahuje výřez pro vložení plastové čočky senzoru pohybu a dva distanční sloupky pro jeho připevnění. Aby byla umožněna detekce kouře a plynů v daném prostoru, byly nad senzory plynu a kouře navrženy dva otvory. Rozměry vrchní části jsou 127 x 92 x 41 mm. 3D vizualizace spolu s finální podobou vrchního dílu je zobrazena na Obr. 26.



Obr. 26 - 3D vizualizace a finální podoba vrchní části krytu

Pro minimalizaci vniknutí okolního světla do krytu detektoru, byly navrženy dvě kruhové části (viz Obr. 27), které byly vloženy do vrchní části krytu. Kruhové části poté překrývají otvory tak, aby zabráňovaly vniknutí okolního světla do detektoru, ale zároveň umožňovaly vniknutí kouře či plynu k jednotlivým sensorům.



Obr. 27 - 3D vizualizace kruhové části

Složený kryt je poté vyobrazen na Obr. 28.



Obr. 28 - Složený kryt pro detektor

6.3 Softwarová část

Tato kapitola bude obsahovat popis naprogramování komunikace mezi SBC Arduino a všemi připojenými komponenty. Dále bude charakterizovat způsob vyhodnocování signálů z připojených senzorů a následné informování osoby o poplachu. Pro vytvoření softwaru detektoru byly využity ukázkové kódy pro senzor kouře a plynu, které jsou dostupné na webových stránkách Arduina [15]. K funkčnímu zasílání e-mailu byl využit příkladový kód, který je k dispozici na stránkách Temboo [9]. Ukázkové kódy byly následně přepracovány v oblasti využití nových proměnných, nastavení jiných propojovacích pinů, či doplnění programu o příslušné podmínky apod.

Software detektoru byl napsán v programovacím jazyce C ve vývojovém prostředí Arduino IDE verze 1.8.7. Pomocí programu Arduino IDE dochází ke kompilaci a nahrávání softwarového programu do SBC Arduina. Následně umožňuje poskytovat potřebné informace uživateli přes tzv. sériový monitor. V našem případě se jedná např. o poskytování informací ohledně zjištění poplachu nebo o úspěšném odeslání e-mailu.

V programu byly využity dvě knihovny, a to „*Bridge.h*“ a „*Temboo.h*“. Knihovna „*Bridge.h*“ slouží k bezdrátové komunikaci desky Arduina s vývojovým prostředím Arduino IDE za pomoci WI-FI sítě. Knihovna „*Temboo.h*“ zajišťuje možnost zasílání e-mailů v případě, kdy bude ve střeženém prostoru detekován poplach.

Začátek programu obsahuje nadefinování zmíněných knihoven a nastavení propojovacích pinů. Dále jsou zde definovány měřicí a vyhodnocovací proměnné. Ty slouží ke konečnému vyhodnocení situace ve střeženém prostoru.

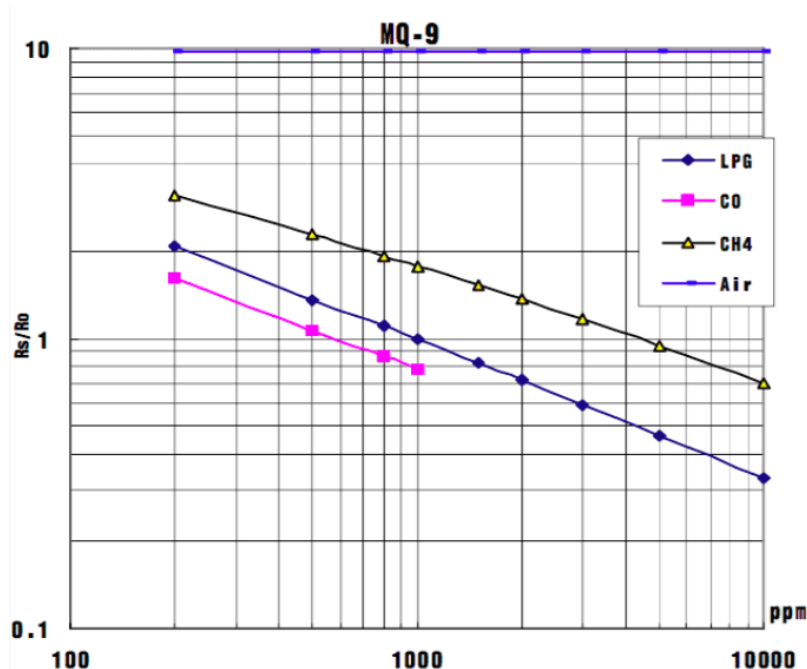
Celý program je napsán v hlavní funkci „*void loop()*“, která má vlastnost nekonečné funkce. To znamená, že program, který je do desky nahrán, se stále cyklicky opakuje. Při zapnutí detektoru dochází k samostatnému připojení desky Arduina k internetu a k vývojovému prostředí Arduino IDE za pomoci WI-FI sítě. Aby tato komunikace byla umožněna, bylo nutné připojení nakonfigurovat na stránce <http://linino.local/>. Po úspěšném připojení detektor čeká na zahájení samotné detekce. Ta se spouští při stisknutí mikropínače. Zahájení detekce je doprovázeno krátkým dvojitým akustickým signálem, který je vydáván prostřednictvím piezobzučáku. Deska Arduino poté začíná sbírat informace z jednotlivých senzorů a v případě zjištění nežádoucího jevu dochází k přičtení určité hodnoty do pomocné proměnné „*i*“. Na základě konečné hodnoty, která je uložena v proměnné „*i*“, se za pomoci funkce „*switch()*“ zjišťuje, ze kterých senzorů poplach přišel.

6.3.1 Senzor plynu

Jako první SBC Arduino sbírá informace ze senzoru hořlavých plynů MQ-9. Ze začátku bylo nutné zjistit hodnotu měřicí konstanty R_0 , která byla následně využita v hlavním programu. Pro zjištění této konstanty bylo nezbytné napsat pomocný program (zdrojový kód pomocného programu je k dispozici v příloze 3). Pomocí tohoto programu bylo provedeno 100 měření, kdy se hodnota na analogovém výstupu ukládala do pomocné proměnné „*x*“. Tato hodnota se poté vydělila 100, čímž jsme získali průměrnou hodnotu na analogovém výstupu. Z tohoto průměru se získala hodnota vstupního napětí a odporu

vzduchu. Konstanta R_0 se stanovila vydělením odporu vzduchu hodnotou 9.9, která odpovídá čistému vzduchu na křivce (viz Obr. 29 [27]). V mém případě vyšla hodnota konstanty R_0 1.63.

V hlavním programu se pak zjišťuje již pouze jedna hodnota na analogovém pinu A1, která se ukládá do proměnné „*analogPLYN*“. Ta je využita pro určení odporu vzduchu R_s a vstupního napětí. Tyto hodnoty jsou následně uloženy do proměnných „*RS*“ a „*napeti_plyn*“. Koncentrace plynů se určuje na základě proměnné „*vysledek*“, do které je uložena výsledná hodnota poměru R_s/R_0 . V případě, že hodnota v proměnné „*vysledek*“ bude menší než 7, bude do pomocné proměnné „*i*“ přičtena hodnota 5.



Obr. 29 - Koncentrace plynů na senzoru MQ-9

Část kódu pro vyhodnocení stavu na senzoru plynu:

```
analogPLYN = analogRead(pinA);
napeti_plyn = (float)analogPLYN / 1024 * 5.0;
RS = (5.0 - napeti_plyn) / napeti_plyn;
vysledek = RS / R0;
if(vysledek < 7){
    i=i+5;
}
delay(1000);
```

6.3.2 Senzor pohybu

Po senzoru hořlavých plynů deska Arduino kontroluje stav na senzoru pohybu. Pro prověření stavu je nutné zjistit hodnotu výstupního napětí na digitálním pinu č. 6. Tato hodnota se ukládá do proměnné „x“ a za pomoci funkce „if()“ se zjišťuje, zda se na digitálním pinu nachází hodnota 0 V, nebo 3.3 V. Pokud se do proměnné „x“ uloží hodnota 1 (což představuje hodnotu výstupního napětí 3.3 V), detektor si do pomocné proměnné „i“ přičte hodnotu 1.

Část kódu pro vyhodnocení stavu na senzoru pohybu:

```
x = digitalRead(senzorPIR);  
if(x == HIGH){  
    i=i+1;  
}  
delay(1000);
```

6.3.3 Senzor kouře

Jako poslední v pořadí se prověřuje stav senzoru kouře. Pro jeho správnou funkci bylo nutné na začátku programu definovat několik konstant, které udává sám výrobce senzoru. Jedná se o konstanty „Mereni“, „Ustalení“ a „Spanek“. K zjištění stavu na senzoru je nutné nejprve provést uložení analogové hodnoty do proměnné „napeti_kour“ a dle pokynů výrobce provést výpočet pro získání reálné hodnoty napětí. Vypočtená hodnota se následně uloží do proměnné „vysledek_2“. Za normálních podmínek se reálné výstupní napětí pohybuje okolo hodnoty 0.75 V. V programu je poté nastavena podmínka, že pokud bude v proměnné „vysledek_2“ uložena hodnota větší než 3.6 V, bude přičtena do pomocné proměnné „i“ hodnota 2.

Část kódu pro vyhodnocení stavu na senzoru kouře:

```
digitalWrite(ledPin,LOW);  
delayMicroseconds(Mereni);  
napeti_kour = analogRead(mericiPin);  
delayMicroseconds(Ustalení);  
digitalWrite(ledPin,HIGH);  
delayMicroseconds(Spanek);  
vysledek_2 = napeti_kour * (5.0 / 1024.0);
```

```

if(vysledek_2 > 3.6){
    i=i+2;
}
delay(1000);

```

6.3.4 Signalizace poplachu

Informace o průběhu detekce, jejího vyhodnocení, popřípadě informace o hodnotách na senzoru kouře a plynu se zobrazují na sériovém monitoru v prostředí Arduino IDE (viz Obr. 31). Konečné vyhodnocení stavu na všech senzorech je provedeno za pomoci funkce „*switch()*“ a pomocné proměnné „*i*“. Na základě hodnot, které byly po celý čas detekce do proměnné „*i*“ přičítány, se určí, ze kterých senzorů signál o poplachu přišel (viz vývojový diagram v příloze 2). Tyto informace jsou poté vtištěny na sériovou obrazovku, a to díky funkci „*Console.println()*“.

Pokud detektor v chráněném prostoru vyhodnotí poplach, automaticky se spustí akustická signalizace pomocí připojeného piezobzučáku. V průběhu této signalizace SBC Arduino zasílá zprávu o poplachu na e-mailovou adresu, která je v programu přímo definována v proměnné „*PRIJEMCE*“. E-mail je poslán prostřednictvím nástroje Temboo. Jedná se o sadu softwarových nástrojů pro práci s internetovými službami. Zpráva je zasílána z e-mailové adresy nadefinované na začátku programu (viz příloha 3) v proměnné „*ODESILATEL*“. V průběhu návrhu a následného testování multisenzorového detektoru byla pro tyto účely využita adresa multisenzordetector@gmail.com. Po odeslání e-mailu o poplachu dochází k přerušení detekce až do doby, než bude opět stisknut mikrosplínač. Poté detektor s akustickým projevem bzučáku odpočítává 10 sekund, kdy je tento čas využit pro resetování senzoru plynu a kouře. Ukázka odeslaného e-mailu při zjištění zvýšené koncentrace kouře je znázorněna na Obr. 30.

Aby bylo možné zprávu o poplachu odeslat na definovanou e-mailovou adresu, bylo nutné připojit k hlavnímu programu i tzv. hlavičkový soubor s názvem „*TembooAccount.h*“, který obsahuje informace o účtu Temboo. Je zde zahrnuto přihlašovací jméno k účtu, název projektu aplikace Temboo a klíč k aplikaci.

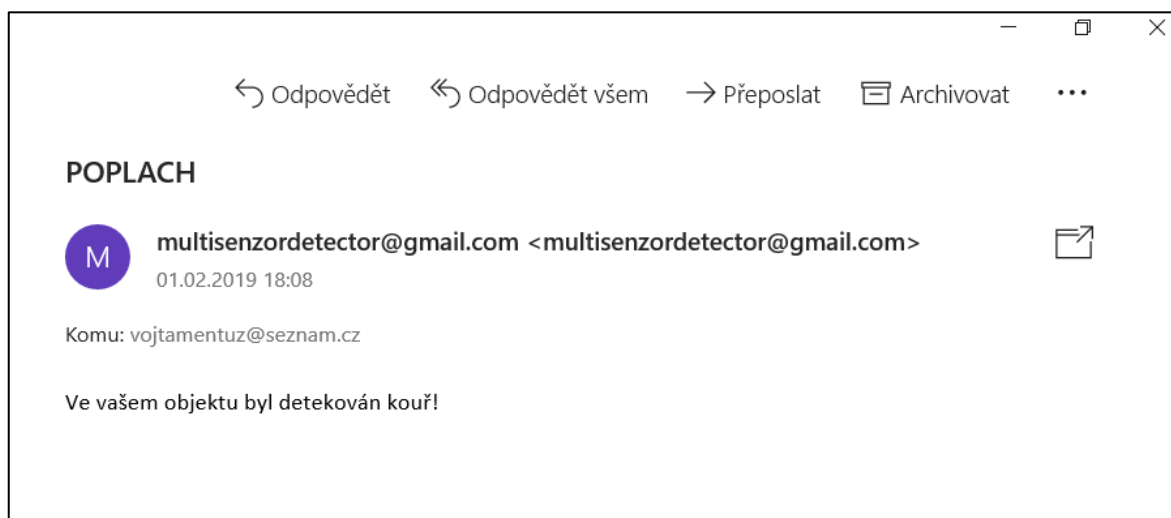
Hlavičkový soubor má podobu:

```
#define T_UCET "m****j"
#define T_NAZEV "m*****p"
#define T_KLIC "Q*****s"
```

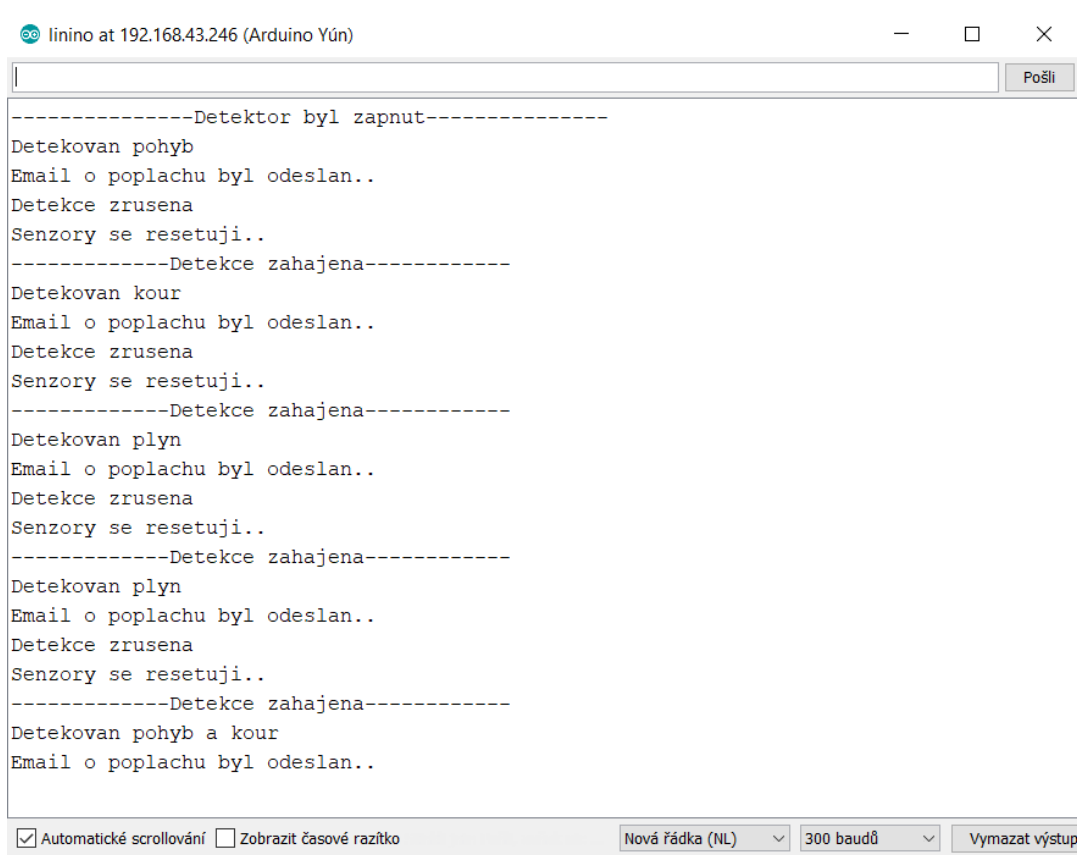
Část kódu pro zasílání e-mailu:

```
if(i>0){
    if (!success) {
        TembooChoreo SendEmailChoreo;
        SendEmailChoreo.begin();
        SendEmailChoreo.setAccountName(T_UCET);
        SendEmailChoreo.setAppKeyName(T_NAZEV);
        SendEmailChoreo.setAppKey(T_KLIC);
        SendEmailChoreo.setChoreo("/Library/Google/Gmail/SendEmail");
        SendEmailChoreo.addInput("Username", ODESILATEL);
        SendEmailChoreo.addInput("Password", HESLO);
        SendEmailChoreo.addInput("ToAddress", PRIJEMCE);
        SendEmailChoreo.addInput("Subject", "POPLACH");
        unsigned int returnCode = SendEmailChoreo.run();
        if (returnCode == 0) {
            //Console.println("Byl poslan email");
            success = true;
        } else {
            while (SendEmailChoreo.available()) {
                char c = SendEmailChoreo.read();
                Console.print(c);
            }
        }
        SendEmailChoreo.close();
        delay(500);
    }
}
```

V příloze 2 je vyobrazen vývojový diagram, který zjednodušeně znázorňuje jednotlivé kroky algoritmu v grafické podobě. Celý zdrojový kód je k dispozici v příloze 3.



Obr. 30 - Znáznornění e-mailu při zjištění poplachu



Obr. 31 - Sériový monitor Arduino IDE

7 Ověření funkčních vlastností

Pro ověření funkčních vlastností byla sledována odezva ze všech připojených senzorů. Jako odezva byla považována změna výstupního napětí na příslušných digitálních pinech SBC Arduina, ke kterým byly senzory připojeny.

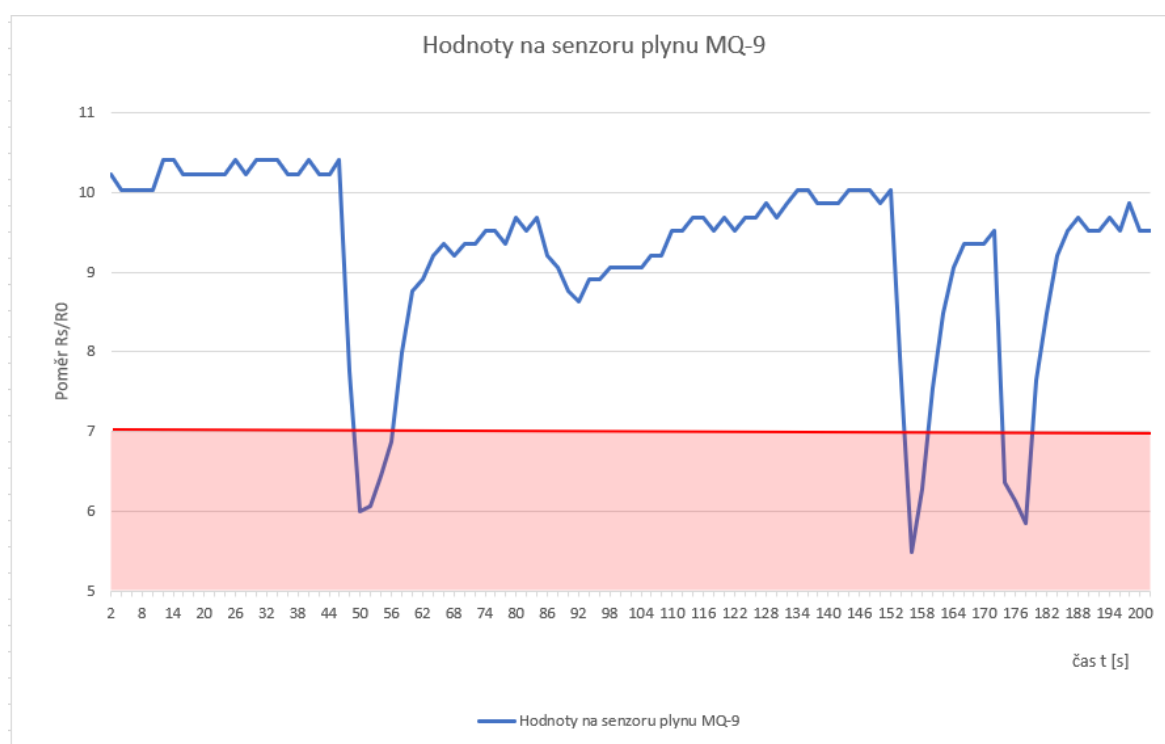
7.1 Senzor plynu MQ-9

Experiment se zaměřuje na prověření funkčnosti senzoru MQ-9. Na grafu (viz Obr. 33) jsou znázorněny hodnoty poměru R_s/R_0 , které byly po dobu testování ukládány na sériový monitor v prostředí Arduino IDE (význam hodnot R_s a R_0 je popsán v kapitole 6.3.1). Červená zóna na grafu znázorňuje oblast, kdy poměr R_s/R_0 dosahuje takových hodnot, které jsou vyhodnocovány deskou Arduino jako překročený limit koncentrace oxidu uhelnatého nebo jiného hořlavého plynu.

Před zahájením měření byl senzor plynu zahříván na pracovní teplotu po dobu asi pěti minut. Po zahájení měření se hodnota poměru R_s/R_0 pohybovala okolo 10.22. Ve 40. sekundě byl k detektoru přiváděn oxid uhelnatý o koncentraci 300 ppm pomocí testovací nádoby (viz Obr. 32). Senzor začal ihned reagovat na přítomnost přiváděného plynu, čímž docházelo ke snižování hodnoty poměru R_s/R_0 a ve 48. sekundě poté došlo k překročení prahové hodnoty. Po oddálení kalibrační nádoby se hodnota poměru začala zvyšovat a po necelých dvou minutách se opět ustálila na hodnotě okolo 9.86. Tento pokus byl následně dvakrát opakován. Z grafu na Obr. 33 vyplívá, že senzor ve všech pokusech reagoval na přítomnost oxidu uhelnatého, kdy pokaždé došlo k překročení prahové hodnoty koncentrace plynu.



Obr. 32 - Testovací nádoba s oxidem uhelnatým



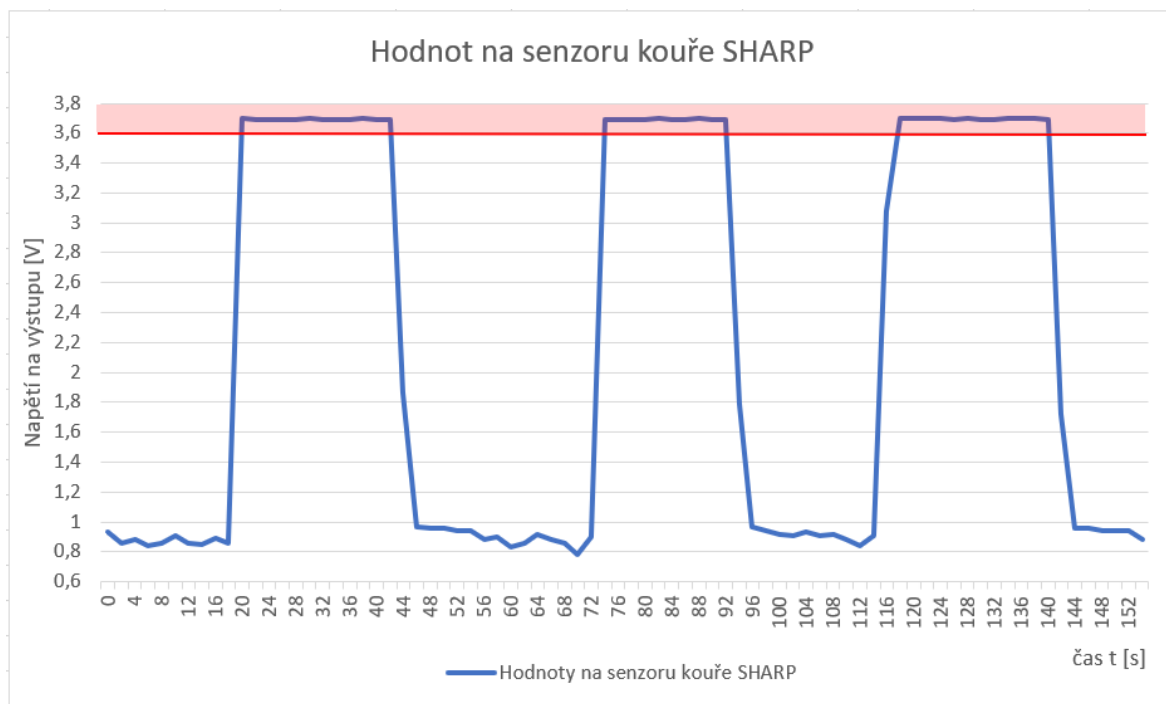
Obr. 33 - Graf hodnot R_s/R_0 na senzoru plynu MQ-9

7.2 Senzor kouře SHARP

Na Obr. 35 je znázorněn graf, ukazující hodnoty výstupního napětí senzoru kouře SHARP v závislosti na přítomnosti kouře. Od zahájení detekce se hodnota výstupního napětí pohybovala okolo 0.89 V. Pro ověření funkčnosti senzoru byl využit testovací aerosol, který je zobrazen na Obr. 34. Při produkci aerosolu v blízkosti detektoru došlo k vniknutí kouře do detekční oblasti v senzoru, čímž se výstupní napětí dostalo na hodnotu 3.69 V. Arduino vyhláší poplach v případě, kdy se výstupní napětí na senzoru dostane přes hodnotu 3.6 V. Tato hranice na grafu znázorněna červenou oblastí. Díky tomu, že se vyprodukovaný aerosol i po ukončení testu udržoval v detekční oblasti senzoru, se i nadále hodnota výstupního napětí pohybovala konstantně okolo 3.68 V. Pro vyčištění detekční oblasti v senzoru bylo nutné sensor profouknout. Poté se výstupní napětí ustálilo na hodnotě 0.90 V. Tento test byl poté dvakrát opakován. Z grafu na Obr. 35 vyplývá, že senzor ve všech pokusech reagoval na přítomnost vyprodukovaného aerosolu. Po následném profouknutí senzoru se pokaždé hodnota výstupního napětí opět snížila pod prahovou hodnotu.



Obr. 34 - Testovací aerosol SMOKE NABRE



Obr. 35 - Graf hodnot výstupního napětí na senzoru kouře SHARP

7.3 Senzor pohybu HC-SR501

Na grafu viz Obr. 36 je znázorněna funkčnost senzoru pohybu HC-SR501. Graf ukazuje hodnoty výstupního napětí, které se objevovaly na digitálním pinu č. 6, ke kterému je pohybový senzor připojen. Hodnota na tomto pinu byla ukládána po dobu jedné minuty do pomocné proměnné každé dvě sekundy. V případě, že v detekční zóně senzoru nebyl zaznamenán žádný pohyb, hodnota výstupního napětí byla 0 V. V opačném případě se na pinu č. 6 objevilo výstupní napětí 3.3 V. Z grafu na Obr. 36 vyplívá, že v průběhu detekce se na senzoru pohybu několikrát objevilo výstupní napětí 3.3 V, což v našem případě znamená identifikaci pohybu v detekčním poli senzoru.



Obr. 36 - Hodnoty na senzoru pohybu

8 Závěr

Cílem této bakalářské práce byl návrh, realizace a demonstrace funkčnosti multisenzorového detektoru, který by s využitím dostupných low-cost komponent umožňoval vícenásobný monitoring odlišných parametrů. Jako vyhodnocovací technologie celého systému byl využit jednodeskový počítač Arduino YÚN, podporující open-source software. Zařízení dokáže reagovat na podněty v prostoru za pomoci připojeného senzoru pohybu, optického senzoru kouře a senzoru plynu. V případě poplachu je spuštěna akustická signalizace a zároveň je zaslána zpráva o poplachu na předem definovanou e-mailovou adresu.

V první části práce jsou popsány multisenzorové technologie, využívané v systémech EPS a PZTS. V souvislosti s těmito technologiemi následují funkční popisy jednotlivých senzorů, které se v daných multisenzorových technologiích kombinují. Dále zahrnuje seznámení s jednodeskovými počítači podporující open-source software, které mají využití v oblasti mikrokontrolerových aplikací. Jedna z těchto platforem byla později vybrána právě jako vyhodnocovací technologie pro navrhovaný detektor.

V druhé části práce je pak popsán návrh samotného detektoru. Tato část zahrnuje popis a parametry použitých senzorů a dalších komponentů, důležitých k realizaci zařízení. Dále je zde obsažen popis hardwarového zapojení a vlastní mechanické zpracování detektoru. Následná charakteristika softwarové části popisuje, jak detektor postupuje při vyhodnocování stavu na senzorech ve střeženém prostoru.

Na konci práce se nachází ověření funkčnosti připojených senzorů. Jako první byl ověřován senzor plynu za pomoci testovací nádoby s oxidem uhelnatým o koncentraci 300 ppm. Naměřené hodnoty byly vloženy do grafu, ze kterého vyplývá, že při testování senzor pokaždé reagoval na přítomnost oxidu uhelnatého. V případě testování senzoru kouře byl využit testovací aerosol, kdy se zaznamenávaly hodnoty výstupního napětí. Tyto hodnoty byly následně vloženy do grafu spolu s nastavenými prahovými hodnotami. Z grafu poté vyplynulo, že SBC Arduino při testování pokaždé registroval výskyt kouře v detekční části senzoru. Jako poslední byla ověřována funkčnost senzoru pohybu, kdy docházelo k zjišťování, zda se na digitálním pinu objevuje výstupní napětí větší než 0. Pokud je tato podmínka splněna, SBC Arduino tuto skutečnost vyhodnocuje jako pohyb ve střeženém prostoru. Zjištěné hodnoty výstupního napětí byly vloženy do grafu, ze kterého vyplývá, že senzor v průběhu detekce zaznamenal několik pohybů ve střeženém prostoru.

Za hlavní přednost vytvořeného detektoru považuji to, že v jednom krytu obsahuje senzory, které jsou schopny reagovat na často se vyskytující bezpečnostní hrozby a na ty upozornit příslušnou osobu pomocí akustického signálu a e-mailu. Mezi tyto bezpečnostní hrozby řadím v tomto případě požár, únik nebezpečných plynů a neoprávněné vniknutí do střeženého prostoru cizí osobou.

V neprospěch zařízení hovoří neprovedená kalibrace zapojených senzorů, což se v praxi může projevovat falešnými poplachy. Další nevýhodou je neznámá životnost připojených senzorů, kdy nebylo zjištěno, po jak dlouhou dobu jsou senzory schopny v praxi fungovat.

Možné uplatnění vytvořeného multisenzorového detektoru vidím v zabezpečení menších objektů. Jednalo by se objekty malých rozměrů s nízkým bezpečnostním rizikem jako je např. garáž, chata, byt či rodinný dům. Detektor by se umísťoval do prostorů v objektu, v nichž by na základě analýzy hrozilo nebezpečí, které je detektor schopen identifikovat. Jednalo by se o vhodnou variantu zabezpečení pro osoby, které by chtěly jednoduše střežit vyhrazený prostor ve svém objektu, bez velkých zásahů do interiéru.

Seznam literatury

- [1] Application note of Sharp dust sensor GP2Y1010AU0F. *Sharp Global* [online]. , 6 [cit. 2019-01-15]. Dostupné z: http://www.sharp-world.com/products/device/lineup/data/pdf/datasheet/gp2y1010au_appl_e.pdf
- [2] Arduino YÚN. *Alza* [online]. [cit. 2018-06-18]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/arduino-yun-d569253.htm#popis>
- [3] ARDUINO YÚN. *HW kitchen* [online]. [cit. 2018-06-18]. Dostupné z: <https://www.hwkitchen.cz/arduino-yun/>
- [4] BITALA, Petr. *Požárně bezpečnostní zařízení (protipožární a bezpečnostní systémy) v komplexech tunelů na pozemních komunikacích*. Ostrava, 2014. ISBN 978-80-248-3499-3.
- [5] BITALA, P. Předmět Zabezpečovací systémy. (prezentace) Ostrava: VŠB – TUO, Fakulta bezpečnostního inženýrství, Zimní semestr 2018.
- [6] CO JE TO ARDUINO?. *Arduino.cz* [online]. [cit. 2018-06-18]. Dostupné z: <https://arduino.cz/co-je-to-arduino/>
- [7] CO senzor oxidu uhelnatého. *Arduino-shop.cz* [online]. , 2 [cit. 2019-01-15]. Dostupné z: <https://arduino-shop.cz/docs/produkty/0/53/1451756812.pdf>
- [8] CubieBoard5. *Cubitech.com* [online]. [cit. 2019-03-28]. Dostupné z: <http://www.cubitech.com/product-detail/cubieboard5/>
- [9] Emailing from your Arduino Yún is easy. *Temboo* [online]. [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <https://temboo.com/arduino/yun/send-an-email>
- [10] Enerlites MWOS Dual Technology Occupancy Sensor Switch, PIR & Ultrasonic Motion Detectors Combined, Neutral Required, White. *WALMART* [online]. [cit. 2019-03-30]. Dostupné z: <https://www.walmart.com/ip/Enerlites-MWOS-Dual-Technology-Occupancy-Sensor-Switch-PIR-Ultrasonic-Motion-Detectors-Combined-Neutral-Required-White/145139372>
- [11] FRADEN, Jacob. *Handbook of modern sensors: physics, designs, and applications*. 4th ed. New York: Springer, c2010. ISBN 978-1-4419-6465-6.
- [12] Hlásiče požáru a detekce nebezpečných plynů. *Hasičský záchranný sbor České republiky* [online]. Ostrava [cit. 2018-06-17]. Dostupné z: www.hzscr.cz/soubor/hlasice-pozaru-a-detekce-plynu

- [13] HOLUBOVÁ, V. Předmět Ochrana objektů. (přednáška) Ostrava: VŠB – TUO, Fakulta bezpečnostního inženýrství, Letní semestr 2018.
- [14] IOT PLATFORMS OVERVIEW: ARDUINO, RASPBERRY PI, INTEL GALILEO AND OTHERS. *Intersog* [online]. 2017 [cit. 2018-11-19]. Dostupné z: <https://iot.intersog.com/blog/iot-platforms-overview-arduino-raspberry-pi-intel-galileo-and-others/>
- [15] IOT Vstupní periferie. *Arduino-shop* [online]. [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://arduino-shop.cz/178-arduino-vstupni-periferie/>
- [16] Kolébkový spínač P-SM101-1B3. *GM electronic* [online]. [cit. 2019-03-25]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/p-sm101-1b3>
- [17] KYNCL, Jaromír. *Bezpečnost objektu ve světle moderních technologií*. Praha: Komora podniků komerční bezpečnosti České republiky, 2014. ISBN 978-80-260-7115-0.
- [18] LUKÁŠ, Luděk. *Bezpečnostní technologie, systémy a management I*. Zlín: VeRBuM, 2011. ISBN 978-80-87500-05-7.
- [19] LUKÁŠ, Luděk. *Bezpečnostní technologie, systémy a management III*. Zlín: VeRBuM, 2013. ISBN 978-80-87500-35-4.
- [20] LUKÁŠ, Luděk. *Bezpečnostní technologie, systémy a management V*. Zlín: Radim Bačuvčík - VeRBuM, 2015. ISBN 978-80-87500-67-5.
- [21] Mikrospínač TC-0104-T. *GM electronic* [online]. [cit. 2019-03-25]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/tc-0104>
- [22] Optický senzor kvality ovzduší Sharp GP2Y1010AU0F. *Arduino-shop.cz* [online]. [cit. 2018-06-18]. Dostupné z: <https://arduino-shop.cz/arduino/1126-opticky-senzor-prachu-sharp-gp2y1010au0f-1449872536.html>
- [23] Piezobzučák SFM-27B. *HADEx* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <https://www.hadex.cz/q192-piezobzucak-sfm-27b/>
- [24] PIR + MW + AM. *Variant* [online]. [cit. 2019-03-30]. Dostupné z: <https://www.variant.cz/kategorie/ezs/vnitri-detekce/pir-mw-am/>
- [25] Pohybové Čidlo Modul typ HC - SR501. *Arduino-shop.cz* [online]. [cit. 2018-06-18]. Dostupné z: <https://arduino-shop.cz/arduino/839-arduino-pohybove-cidlo-1500635995.html>

- [26] Raspberry Pi 3 Model B Quad Core 1.2 GHz 64bit CPU, 1GB RAM, WiFi, Bluetooth 4.1. *Arduino-shop.cz* [online]. [cit. 2019-02-12]. Dostupné z: <https://arduino-shop.cz/arduino/1385-raspberry-pi-3-model-b-quad-core-1-2-ghz-64bit-cpu-1gb-ram-wifi-bluetooth-4-1-1473147122.html>
- [27] ROBERTS, Kristin J., Erica FOWLER, R.Dawn COMSTOCK, Soledad FERNANDEZ, Mahmoud ABDEL-RASOU, Leslie MIHALOV, Marcel CASAVANT a Lara MCKENZIE. *Carbon Monoxide Alarm and Smoke Alarm Use Among Parents Recruited From a Pediatric Emergency Department* [online]. 2017, , 15 [cit. 2019-04-07]. Dostupné z: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs10935-017-0493-4.pdf>
- [28] Senzor oxidu uhelnatého MQ-9. *Arduino návody* [online]. 2017 [cit. 2019-01-21]. Dostupné z: <https://navody.arduino-shop.cz/navody-k-produktum/senzor-oxidu-uhelnateho-mq-9.html>
- [29] Single-Board Computer (SBC). *Techopedia* [online]. [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://www.techopedia.com/definition/9266/single-board-computer-sbc>
- [30] The semiconductor gas sensing technique. *Edaphic Scientific* [online]. c2018 [cit. 2018-11-10]. Dostupné z: <https://www.edaphic.com.au/gas-detection-encyclopedia/semiconductor-sensors/>
- [31] What is a Raspberry Pi?. *Opensource.com* [online]. [cit. 2018-11-19]. Dostupné z: <https://opensource.com/resources/raspberry-pi>

Seznam obrázků

Obr. 1 - Princip O2T hlásičů	5
Obr. 2 - Mechanický princip bodových hlásičů teplot	6
Obr. 3 - Princip optického hlásiče na základě rozptylu	7
Obr. 4 - Popis senzoru oxidu uhelnatého	8
Obr. 5 - Kombinace PIR detektoru a ultrazvukového detektoru	9
Obr. 6 - Soustředování infračerveného záření na snímač	10
Obr. 7 - PIR detektor se soustavou lomených zrcadel	10
Obr. 8 - Princip funkčnosti mikrovlnného detektoru	11
Obr. 9 - Blokové schéma ultrazvukového detektoru	12
Obr. 10 - Raspberry Pi 3 model B	14
Obr. 11 - Intel Galileo	15
Obr. 12 - Cubieboard5	15
Obr. 13 - Deska Arduino YÚN	17
Obr. 14 - Optický detektor Sharp	17
Obr. 15 - Schéma senzoru kouře	18
Obr. 16 - PIR HC – SR501	19
Obr. 17 - Senzor oxidu uhelnatého MQ – 9	20
Obr. 18 - Akumulátor	20
Obr. 19 - Piezobzučák SFM-27B	21
Obr. 20 - Mikrospínač 6x6x7 mm	21
Obr. 21 - Kolébkový přepínač	22
Obr. 22 - Vyjmutá lithiová baterie s modulem	23
Obr. 23 - Schéma zapojení periférií	25
Obr. 24 - 3D vizualizace a finální podoba spodní části krytu	26
Obr. 25 - 3D vizualizace a finální podoba střední části krytu	26
Obr. 26 - 3D vizualizace a finální podoba vrchní části krytu	27
Obr. 27 - 3D vizualizace kruhové části	27
Obr. 28 - Složený kryt pro detektor	28
Obr. 29 - Koncentrace plynů na senzoru MQ-9	30
Obr. 30 - Znázornění e-mailu při zjištění poplachu	34
Obr. 31 - Sériový monitor Arduino IDE	34

Obr. 32 - Testovací nádoba s oxidem uhelnatým	36
Obr. 33 - Graf hodnot R_s/R_0 na senzoru plynu MQ-9	36
Obr. 34 - Testovací aerosol SMOKE NABRE	37
Obr. 35 - Graf hodnot výstupního napětí na senzoru kouře SHARP	38
Obr. 36 - Hodnoty na senzoru pohybu	39

Seznam příloh

Příloha 1: Blokové schéma zapojení

Příloha 2: Vývojový diagram

Příloha 3: Zdrojový kód

Příloha 4: Pomocný zdrojový kód pro senzor plynu